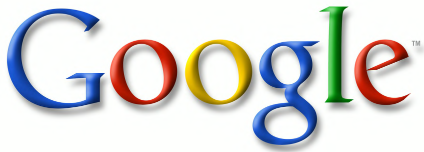

Google


RIES
26 6





GRUNDRISS

DER

ALLGEMEINEN HÜTTENKUNDE.

GRUNDRISS

DER

ALLGEMEINEN HÜTTENKUNDE

VON

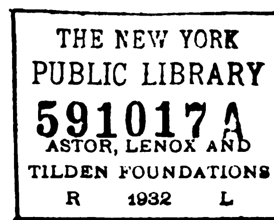
BRUNO KERL,

PROFESSOR AN DER KÖNIGL. BERGAKADEMIE, MITGLIEDE DER KÖNIGLICH PREUSSISCHEN TECHNISCHEN DEPUTATION FÜR GEWERBE UND DES KAISERL. PATENTAMTES IN BERLIN.

ZWEITE
STARK VERMEHRTE UND VERBESSERTE AUFLAGE.

MIT 322 HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG.
VERLAG VON ARTHUR FELIX.
1879.


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
591017 A
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1932 L

Vorwort zur ersten Auflage.

Gestützt auf die Erfahrungen einer fünfundzwanzigjährigen Lehrthätigkeit an den Bergakademien zu Clausthal und Berlin lasse ich meinem Handbuche der metallurgischen Hüttenkunde einen Grundriss dieser Wissenschaft in drei von einander unabhängigen Abtheilungen, welche die allgemeine, die Metall- und die Eisenhüttenkunde umfassen, folgen. Zunächst als Leitfaden beim Unterrichte sowohl für Lehrer als für Studirende bestimmt, ist die Arbeit in einer solchen Ausführlichkeit zu halten gesucht, dass dieselbe auch für den praktischen Hüttenmann nicht ohne allen Nutzen sein dürfte. Namentlich im Interesse des letzteren sind reichliche Literaturcitate gegeben worden, um einen vollständigen Einblick in die Ergebnisse der hüttenmännischen Theorie und Praxis bis zum heutigen Tage zu ermöglichen. Den älteren rationellen chemischen Formeln wurden die modernen empirischen beigefügt und neben einer Anzahl neuer Holzschnitte sind, um das Werk nicht ohne Noth zu vertheuern, auch solche aus Verlagsartikeln der Felixschen Buchhandlung und aus der von mir herausgegebenen Muspratt-schen technischen Chemie benutzt.

Berlin, im April 1873.

B. Kerl.

Vorwort [illegible]en Auflage.

Die zweite Auflage ist durch das Neue und Brauchbare, was mir seit dem Erscheinen der ersten Auflage aus der hüttenmännischen Theorie und Praxis bekannt geworden, ohne wesentliche Aenderung in der Anordnung des Stoffes vervollständigt und die Anzahl der Holzschnitte von 163 auf 322 vermehrt worden.

Berlin, im Juni 1879.

B. Kerl.

Inhaltsverzeichniss.

Einleitung.

1. Abschnitt.

Eigenschaften der Metalle und ihrer hüttenmännisch wichtigen Verbindungen.

2. Abschnitt.

Hüttenprocesse.

1. Cap. Trockne Processe.

2. Cap. Nasse Processe.

3. Abschnitt.

Hüttenmaterialien.

1. Cap. Erze.

2. Cap. Zuschläge und Flüsse.

3. Cap. Brennmaterialien.

A. Rohe Brennmaterialien.

B. Verkohlte Brennmaterialien.

I. Theil. Apparate für trockne Processe.

1. Cap. Hauptapparate (Oefen).

D. Gefässöfen.

2. Cap. Nebenapparate (Rauch

3. Cap. Hilfsapparate und

A. Gebläse nebst Zub

I. Gebläsemaschin

II. Theil. Apparate für nasse Processe.

5. Abschnitt.

Hüttenproducte.

Nachtrag.

Abkürzungen der Citate.

Allgem. B. u. h. Ztg.	Allgemeine Berg- und hüttenmännische Zeitung, von Hartmann herausg.
Ann. d. Chem. u. Pharm	Annalen der Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Wöhler, Liebig und Kopp.
Ann. d. min.	Annales des Mines. Paris.
B. u. h. Ztg.	Berg- und hüttenmännische Zeitung, herausgegeben von Kerl und Wimmer.
Bayr. Kunst- u. Gew.-Bl.	Kunst- und Gewerbe-Blatt, herausgegeben von dem polytechn. Verein für das Königreich Bayern. München.
Bgwfr.	Bergwerksfreund, herausgegeb. von Heine. Eisleben.
Bull. de la soc. de l'industr. min.	Bulletin de la société de l'industrie minérale. St. Etienne.
Deutsche Ind.-Ztg.	Deutsche Industrie-Zeitung, begründet von R. Binder, Redacteur Max Diezmann. Chemnitz.
Dingl.	Polytechnisches Journal, herausgegeb. von Dingler, jetzt von Zemann und Fischer. Augsburg.
Engin. and Min. Journ	The Engineering and Mining Journal. Edit. Rothwell, Raymond and Wahl. New York.
Erdm. J.	Journal für praktische Chemie, begründet von Erdmann (Herausgeber jetzt Kolbe). Leipzig.
Erdm. J. ök. Chem.	Journal für ökonomische und technische Chemie, herausgegeb. von Erdmann. Leipzig.
Faller, Berg- u. hüttenm. Jahrb.	s. Oesterr. Jahrb.
Freiberg. Jahrb.	Jahrbuch für das Berg- u. Hüttenwesen im Königr. Sachsen. Herausgegeben von Gottschalk. Freiberg.
Fresen. Ztschr.	Zeitschrift für analytische Chemie, herausgegeben von Fresenius. Heidelberg.
v. Hauer's Oesterr. Jahrb.	s. Oesterr. Jahrb.
Kärnthn. Ztschr.	Zeitschrift des Berg- und hüttenm. Vereins für Steiermark und Kärnthen. Red. Höfer, jetzt Fuchs. Klagenfurt.
Kerl, Met.	Handbuch der metallurgischen Hüttenkunde von Kerl in 4 Bänden. 2. Aufl. Leipzig.
v. Kerpely, Fortschr. oder Ber.	Bericht über die Fortschritte der Eisenhütten-Technik. Von v. Kerpely. Leipzig.
Kick, techn. Blätt.	Technische Blätter, Vierteljahrsschrift des deutsch. Architekten- und Ingenieur-Vereins in Böhmen. Herausg. von Kick. Prag.
Kraus österr. Jahrb.	Montan-Handbuch des Oesterr. Kaiserstaates, herausgegeb. von Kraus. Wien.

Leoben. Jahrb. . . . . s. Oesterr. Jahrbuch.

Mitthl. d. Hannöv. Gew.-Ver. . . . . Mittheilungen des Gewerbe-Vereins für das Königreich Hannover. Hannover.

Mining Journ. . . . . The mining Journal. London.

Oest. Jahrbuch. . . . . Berg- und hüttenmännisches Jahrbuch der k. k. Bergakademieen zu Pribram und Leoben und der k. ungar. Bergakademie zu Schemnitz. Herausgegeben von v. Tunner, Faller, v. Hauer.

Oest. Ztschr. . . . . Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen. Herausg. von v. Hingenau, jetzt von Jarolimek. Wien.

Pogg. Ann. . . . . . . Annalen der Physik und Chemie, heraus-
geben von Poggendorff. Leipzig.

Polyt. Centrbl. . . . . . technisches Centralblatt, herausg. von
chnedermann und Kellerbauer.
eipzig.

Polyt. Review . . . . . polytechnical Review, devoted to
ience as applied to the useful Arts.
ew York

Preuss. Ztschr. . . . . . . schrift für das Berg-, Hütten- und
linenwesen in dem Preussischen
aate. Berlin.

Rev. univers. . . . . ue universelle des mines, de la mé-
llurgie etc. Red. de Cuyper et Ha-
ets. Paris et Liége.

Ritting. Erfahr. . . . . hrungen im berg- und hüttenmännischen Maschinen-, Bau- und Aufbereitungswesen. Zusammengestellt u. s. w. von v. Rittinger. Wien.

Samml. v. Zeichnungen d. Ver. Hütte . Sammlung von Zeichnungen für die Hütte. Herausgegeben von der Zeichnungs-Commission der Hütte. Berlin.

San Francisco Scientif. Press. . . . . Scientific Press for Mining, Mechanics Arts and Inventions. San Francisco.

Schlesische Wochenschrift . . . . . Wochenschrift des schlesischen Vereins für Berg- und Hüttenwesen. Herausgegeben von Schwarz. Breslau.

Schweiz. polyt. Ztschr. . . . . Schweizerische polytechnische Zeitschrift, herausg. von Bolley und Kronauer. Winterthur.

Specif. . . . . Specif. of Patents etc London, Great Seal Patent Office.

Stud. d. Götting. Ver. . . . . Studien des Göttinger Vereins bergmännischer Freunde. Herausg. von Hausmann. Göttingen.

Verhandl. f. Gewerbfl. . . . . Verhandlungen des Vereins für Gewerbfleiss, herausgegeb. von Reuleaux, jetzt Wedding.

Wagn. Jahresber. . . . . Jahresbericht über die Fortschritte und Leistungen der chemischen Technologie. Herausgegeb von v. Wagner. Leipzig.

Einleitung.

1. Hüttenkunde und Metallurgie. Die Hüttenkunde lehrt die chemischen Operationen im Grossen (Hüttenprocesse) ihrer Theorie und Praxis nach, sowie die Materialien und Apparate kennen, welche zur Darstellung der Metalle und gewisser technisch nutzbarer Verbindungen derselben auf Hüttenwerken in Anwendung stehen. Auch mechanische Operationen, insofern sie die chemische Action fördern, müssen in den Bereich dieser Wissenschaft gezogen werden. Umfang der Hüttenkunde.

Unter Metallurgie begreift man im allgemeinen Sinne die Lehre von der Metallgewinnung auf chemischem und mechanischem Wege und rechnet dahin auch die Aufbereitung der Erze, im engeren Sinne den wissenschaftlichen Theil der Hüttenkunde, auch wohl chemische Metallurgie genannt, mit welcher sich u. A. Rammelsberg's treffliches Lehrbuch befasst.

In einem allgemeinen Theile werden die den Hüttenmann besonders interessirenden Eigenschaften der Metalle und ihrer Verbindungen, die auf diese Eigenschaften basirten Hüttenprocesse, die denselben zu unterwerfenden Hüttenmaterialien, die dabei erforderlichen Apparate und Geräthschaften, sowie endlich die Erzeugnisse der Hüttenprocesse, die Hüttenproducte, abgehandelt. Eintheilung.

Der specielle Theil hat die Gewinnung der einzelnen Metalle unter Zugrundelegung der im allgemeinen Theil aufgestellten Gesichtspunkte zum Gegenstande und zerfällt in die Eisenhüttenkunde und in die alle übrigen nutzbaren Metalle ausser Eisen umfassende Metallhüttenkunde.

Allgemeiner Theil der Hüttenkunde.

1. Abschnitt.

Eigenschaften der Metalle und ihrer hüttenmännisch wichtigen Verbindungen. [1])

Einfluss der Eigenschaften.

2. Allgemeines. Gewisse Eigenschaften der Metalle und ihrer Verbindungen (Legirungen, Schwefel-, Arsen-, Antimon-, Kohlenstoff-, Silicium-, Phosphormetalle, Metalloxyde und Säuren, Metallsalze) haben einen wesentlichen Einfluss auf das zu ihrer Darstellung einzuschlagende Verfahren oder den dafür auszuwählenden Apparat oder ihre weitere Verarbeitung u. A.

Eigenschaften.

3. Metalle. Sowohl chemische als auch physikalische Eigenschaften spielen in der hüttenmännischen Praxis eine Hauptrolle.

Chem. Eig.

A) Chemische Eigenschaften. Dieselben bedingen eine Umwandlung der Natur der Metalle durch Hervorbringung von Verbindungen in constantem Verhältnisse und mit völlig veränderten Eigenschaften (chemische Verbindungen) und kommen besonders in Rücksicht bei der Abscheidung der Metalle aus ihren Erzen u. s. w. durch hüttenmännische Processe. Wichtig hierfür ist namentlich das Verhalten der Metalle zu Sauerstoff und Schwefel, mit welchen Elementen vereinigt sie am häufigsten in der Natur vorkommen.

1) Verhalten zu Sauerstoff. Zur Kennzeichnung der Verwandtschaftsgrade können dienen:

a) Die elektrochemische Spannungsreihe (— E. O, S, Se, N, Fl, Cl, Br, J, P, As, Cr, Vd, Mo, W, B, C, Sb, Te, Ta, Nb, Ti, Si, H, Au, Os, Ir, Pt, Rh, Ru, Pd, Hg, Ag, Cu, Bi, Sn, Pb, Cd, Co, Ni, Fe, Zn, Mn, Ur, Di, Ce, Th, Zr, La, Al, Y, Er, Tb, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Li, Rb, Na, K, Cs. + E).

b) Die Fällbarkeit eines gelösten Metalles durch ein anderes. Die nachstehende Tabelle enthält in den horizontalen Linien die reducirenden oder fällenden, in den verticalen die reducirten oder gefällten Metalle; + bezeichnet die Reducirbarkeit, — das indifferente Verhalten:

1) Kerl, Met. 1, 11. Rammelsberg, Lehrb. der chem. Metallurgie 1865, S. 2. Stölzel's Metallurgie 1863, 1, 5. Anh. S. II (Literatur). Percy, Metallurgy 1875, 1, 3. Eigenschaften des Roheisens in Dürre's Giessereibetrieb 1, 49; 2, 155. Ziurek's technol. Tabellen 1863. Künzel, Bronzelegirungen 1875. Ledebur, Verarbeitung der Metalle auf mechan. Wege 1877. v. Kerpely, Ungarns Eisensteine und Eisenhüttenerzeugnisse, Wien 1877. Whright, metals and their chief industrial application. London, Macmillan 1878.

	Au	Pt	Ag	Hg	As	Sb	Cu	Bi	Pb	Sn	Fe	Ni	Cd
Zn	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cd	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
Fe	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
Sn	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Pb	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
Co	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
Cu	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
Bi	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
As	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hg	+	+	+										
Ag	+	+											

Nach Kleinschmidt[1]) werden aus einer Lösung durch Fe zunächst Ag, dann Cu, darauf Ni und endlich Co gefällt, mit beiden letzteren zugleich Sb. — Durch den galvanischen Strom werden nach Luckow[2]) aus salpetersaurer Lösung

1) nicht präcipitirt: Zn, Fe, Ni, Co, Cr, Erd- und Alkalierdmetalle, Alkalimetalle; dagegen werden

2) ausgefällt und zwar:

a) als Superoxyde am positiven Pol vollständig Pb und Mn, nur theilweise Ag. Leicht oxydirbare organische Stoffe (Weinsäure, Oxalsäure, Milchzucker u. s. w.), sowie höher oxydirbare Metalloxyde, wie FeO, verzögern die Bildung der Superoxyde;

b) metallisch am positiven Pol: Hg, Ag, Cu, Bi. Bei Gegenwart von Cu wird Hg vor demselben gefällt, Ag fast gleichzeitig damit und Bi etwas später, nachdem der grösste Theil des Cu abgeschieden ist, As und Sb erst längere Zeit nach dem Cu.

Beispiele. Abtreiben von gold- und silberhaltigem Blei, Trennung von Wismuth und Blei, Gaarmachen des Schwarzkupfers, Darren der Kiehnstöcke, Feinbrennen des Silbers; Darstellung von Cementkupfer, Fällen des Silbers bei Augustin's und Ziervogel's Process durch Kupfer; schwedische Kupferprobe u. s. w.

2) Verhalten zu Schwefel. Hinsichtlich desselben hat Fournet das, aber manche Abänderungen erleidende Gesetz aufgestellt, dass von den Metallen Cu, Fe, Sn, Zn, Pb, Ag, Sb und As das Cu zum S die grösste, das As die geringste Verwandtschaft hat. Die Verwandtschaft zwischen Schwefel und Metall nimmt zu oder ab, resp. je entfernter oder näher sie in der Reihe stehen, so dass das vorhergehende Metall ein folgendes aus seiner Schwefelverbindung um so vollständiger ausscheidet, je weiter dieselben von einander entfernt sind.[3]) Nach Schweder[4]) hat von Fe, Cu und Ni ersteres die grösste, letzteres die geringste Verwandtschaft zu S.

Beispiele. Zerlegung der Schwefelungen des Silbers, Bleies, Antimons und Quecksilbers durch Eisen, welches letztere, bei gleichzeitiger Anwesenheit von Arsenmetallen neben Schwefelmetallen, ausser Schwefel auch Arsen aufnimmt[5]); Zerlegung von Schwefelsilber durch Blei bei Eintränk- und Bleischmelzarbeiten, wobei die Menge des anzuwendenden Bleies sich mit nach der Verbindungsweise des Silbers und nach der vorhandenen Temperatur richtet[6]); Zersetzung von geschmolzenen nickelhaltigen Kupfersteinen durch geschmolzenes Kupfer, wobei das Nickel des Steins ins Kupfer, und statt des Nickels Kupfer in den Stein geht.

1) B. u. h. Ztg. 1866, S. 135. 2) Ebend. 1869, S. 181. Dingl. 177, 296. 3) Met. 1, 30. 4) B. u. h. Ztg. 1878, S. 411. 5) Met. 1, 41; 2, 125; 4, 59. 6) Met. 1, 31; 2, 126.

3) Verhalten zu Chlor oder Chlorverbindungen. Das Chlor vereinigt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur mit den meisten Metallen, mit manchen unter Feuererscheinung. Die entstandenen Chlormetalle zerlegen sich entweder beim Erhitzen ($Au\,Cl$, $Au\,Cl_3$, $Pt\,Cl_2$, $Pt\,Cl_4$) oder geben einen Theil Chlor ab ($Cu\,Cl_2$, $Fe\,Cl_3$, $Mn\,Cl_2$) oder bleiben unzersetzt, indem sie schmelzen und bei gesteigerter Temperatur flüssig bleiben ($Ag\,Cl$) oder sich verflüchtigen ($Pb\,Cl_2$, $Zn\,Cl_2$, $Cd\,Cl_2$, $Bi\,Cl_3$, $Sb\,Cl_3$, $Hg\,Cl_2$, $Sn\,Cl_2$) oder auch ohne zu schmelzen Dampfform annehmen ($As\,Cl_3$, $Ni\,Cl_2$, $Hg_2\,Cl_2$). Bei gewöhnlicher Temperatur ist flüssig und verdampft $Sn\,Cl_4$.

Beispiele. Amalgamation von Erzen mit gediegen Silber und von silberhaltigem Schwarzkupfer, Plattner's Goldextractionsprocess, Reinigung des flüssigen Goldes nach Miller's Methode durch Chlorgas von Silber, Antimon, Arsen, Blei u. s. w.

4) Verhalten zu Säuren. Dasselbe ergiebt sich aus der in Met. 1, 52 mitgetheilten Tabelle.

Manche Metalle, z. B. Fe, Cu, Ag, Bi u. s. w., welche sonst durch mässig starke Salpetersäure heftig angegriffen und aufgelöst werden, erleiden in Folge Eintretens eines sogenannten passiven Zustandes keine Veränderung, wohl deshalb, weil die entstandenen salpetersauren Salze in concentrirter Salpetersäure unlöslich sind, das Metall einhüllen und so vor der Einwirkung der Säure schützen.[1] Passives Eisen, welches gegen Salpetersäure indifferent ist und aus Kupfervitriol Kupfer nicht abscheidet, weil es sich gegen letzteres negativ verhält, soll diese Eigenschaft durch eine dünne Oxydschicht erhalten und verliert sie durch Abreiben oder durch Glühen in Wasserstoff.

Beispiele. Scheidung von Gold oder Silber mittelst Salpeter- oder Schwefelsäure; von Kupfer und Silber mittelst verdünnter Schwefelsäure; von Gold und Silber mittelst Königswasser.

Physik. Eigensch.

B) Physikalische Eigenschaften. Dieselben unterscheiden sich von den chemischen dadurch, dass durch ihre Prüfung oder Untersuchung nicht der Bestand der Metalle verändert wird. Die Eigenschaften werden hervorgerufen

a) durch die mechanische Verbindungsweise der Moleküle, bedingt durch eine Anziehungskraft, die Cohäsion. Zur Aenderung der Gestalt oder des Volumens eines Körpers muss eine der Cohäsion entgegenwirkende Arbeit (Stoss, Druck, Schlag, Torsion, Zug) geleistet werden. Bewirkt dieselbe nur eine vorübergehende Umstellung der Moleküle, welche mit dem Nachlassen der äussern Kraft aufhört, so sind dieses die Erscheinungen der Elasticität; wenn die Aenderung der Form oder Gestalt nach dem Aufhören der Kraftwirkung eine bleibende ist, Erscheinungen der Geschmeidigkeit und Ziehbarkeit; wenn die Einwirkung der Kraft eine so bedeutende ist, dass in Folge der Ueberwindung der Cohäsionskraft eine Trennung der einzelnen Theile stattfindet, die Erscheinungen der Festigkeit. Durch die stärkere oder schwächere gegenseitige Anziehung der Moleküle wird der Grad der Festigkeit, die Härte, hervorgebracht, welche um so grösser ist, je inniger die Massentheilchen an einander haften und je weniger sie sich gegen einander verschieben lassen.

1) Oest. Zeitschr. 1864, No. 31.

Der Spielraum zwischen der Grenze der Elasticität und dem Bruche ist bei verschiedenen Körpern sehr verschieden, und zwar ungemein gross bei plastischen (Thon, Blei) und verschwindend bei spröden Körpern, wie bei Glas und hartem Stahl. Im Allgemeinen sind weiche Körper geschmeidig, harte spröde.

Von wesentlichem Einflusse auf diese Eigenschaften ist der Umstand, ob die Moleküle in bestimmten Richtungen in bestimmter Weise an einander gelagert sind (Krystallisation) oder nicht, und lässt sich dieses entweder schon an der Oberfläche der Körper oder auf deren Bruch (Textur, Gefüge, Korn) wahrnehmen, welcher hergestellt wird, wenn man den Körper nicht in der Richtung seiner Spaltbarkeit zertrümmert.

b) Andere physikalische Eigenschaften schlummern so lange in der Masse des Metalles, als nicht eine von Aussen her wirkende Potenz sie in Thätigkeit setzt und auf die Sinne einwirken lässt. Zu ihnen gehören die durch die Dynamide (Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus) hervorgerufenen thermischen, optischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften, ferner akustische Eigenschaften.

Die Kenntniss der physikalischen Eigenschaften der Metalle ist für den Hüttenmann nothwendig zur Beurtheilung ihrer Reinheit und ihrer Verwendbarkeit, sowie zur Erkennung des Verlaufes der bei ihrer Darstellung angewendeten Hüttenprocesse.

1) Physikalische Eigenschaften, durch die Cohäsion bedingt: Cohärenzverhältnisse.

a) Krystallisation. Dieselbe findet beim Uebergange der Körper aus dem flüssigen oder gasförmigen Zustande in den festen statt, wo sich dann Krystalle in Hohlräumen derselben ausgeschieden finden (Roheisen) oder erhalten werden können, wenn man in die erstarrte Decke des Metalls ein Loch macht und das noch Flüssige durch dasselbe ausgiesst (Wismuth).

Die geschmeidigen Metalle krystallisiren im Allgemeinen regulär (Pt, Au, Ag, Cu, Pb, Fe, Sn tetragonal und wahrscheinlich auch regulär). Die spröden Metalle sind gewöhnlich deutlich krystallinisch und krystallisiren meist hexagonal (Sb, As und Bi hexagonal, Zn regulär und hexagonal, Spiegeleisen rhombisch). Die Krystallisation findet statt beim langsamen Uebergang der Metalle aus dem flüssigen in den festen Zustand (Bi, Pb beim Pattinsoniren, Cu, Roheisen), sowie des gas- oder dampfförmigen Zustandes in den festen (As, Zn) und bei Ausscheidung auf nassem Wege durch galvanische Ströme (Sn, Pb, Ag). Der krystallinische Zustand kann bei der mechanischen Verarbeitung der Metalle (Pattinson'sches Blei, zu heiss ausgegossenes Kupfer) influiren, zur Erkennung der Reinheit der Metalle dienen (krystallinische Oberfläche des unreinen Zinns, Antimonspiegel beim Raffiniren des durch Zink entsilberten Bleies durch Wasserdampf, Figuren auf flüssigem Roheisen, Antimonstern auf Antimonregulus, krause Oberfläche des Kupfergaarspanes) und zur Scheidung der Metalle benutzt werden (Pattinson'scher Process).

b) Textur, Gefüge oder Korn, die sichtbare Anordnung der Moleküle eines Körpers auf dem Bruche. Das Gefüge (krystallinisch, strahlig, blättrig; gleichmässig [homogen] oder ungleichmässig; zackig, hakig, sehnig, körnig, dicht; eben und uneben) hat seinen hauptsächlichsten Grund in Krystallisationsverhältnissen, welche namentlich wieder bedingt werden durch die Art des Erstarrens flüssiger Metalle.

[illegible] Natur können noch [illegible] Zusammensetzung, fremde [illegible] (Roh-[illegible] Abschrecken [illegible] Zug [illegible] u. A.

[illegible] hat man bei Eisen- [illegible] polirter Flächen [illegible] Drucken[2] (Er- [illegible] Vertheilung des [illegible] Sorby[3]) und [illegible] Eisencarbureten [illegible] zeigen, dass vom [illegible] des Mikroskops ein [illegible] wurde. Dasselbe lässt z. B. [illegible] auf ihr Gefüge [illegible] Martens[4] [illegible] Untersuchungen über das [illegible] Spiegeleisen angestellt [illegible] Roheisens mittelst des Mikroskopes für die Praxis wichtige Erfahrungen gemacht.

Beispiele. Es sind z. B. [illegible] Zn, Sb, Bi, Spiegeleisen; [illegible] Stabeisen, gewalztes Kupfer beim Hin- und Herbiegen; [illegible] Körnerzinn und bis nahe zum Schmelzen erhitztes zerschlagenes Kupfer; [illegible] Bruch kommt nur bei sehr spröden Verbindungen vor, z. B. bei Legirungen [illegible] und 2 Zn, Wolframstahl. Das Bruchansehen ist wichtig bei Beurtheilung der Qualität der Metalle (Schott's Roheisenprobe, sehniges und Feinkorneisen, Kupferraffinirproben, Hart- und Weichblei), kann aber bei ein und demselben Metall variiren je nach der Temperatur beim Giessen und der Dicke des Blockes (in dicken Blöcken sehr heiss gegossenes Kupfer ist krystallinisch, kalter gegossenes [illegible]), sowie nach der Langsamkeit der Abkühlung (Roheisen, Zn). Während krystallinische Metalle meist zerbrechlich und spröde sind, wenn sie auf Bruch beansprucht werden, so erhalten sie eine viel grössere Zähigkeit, wenn die Moleküle durch höhere Temperatur in den amorphen Zustand versetzt und dann in einander geschoben werden, so dass eine verworrene und amorphe Structur entsteht, z. B. durch Härten der Metalle, durch hinreichend lang fortgesetztes Hammern bei höherer Temperatur (grobkrystallinischer Stahl) oder durch Abkühlung unter Druck während des Walzens.[7])

c) **Festigkeit**, deren Grösse sich aus dem Widerstande ergiebt, welchen eine Substanz bis zum Eintritt der Zerstörung der Cohäsion einer darauf wirkenden Last leistet, bezogen auf einen bestimmten Querschnitt des belasteten Körpers. Man nennt den Widerstand gegen das Zerreissen **absolute**, gegen Biegen, Zerbrechen und Zerknicken **relative**, gegen das Zerdrücken **rückwirkende**, gegen das Zerdrehen **Torsions-Festigkeit** und gegen das Abscheeren **Abscheerungsfestigkeit**. Die Festigkeit hängt hauptsächlich ab von der Zusammenreihung der Moleküle (Textur), von der Temperatur und von der Anwesenheit fremder Stoffe, welche oft schon in verschwindend kleinen Mengen wirken (Bi, As und Sb auf Cu, As und Sb auf Au, S und P auf Eisencarburete).

1) Kick, techn. Blätter 1873, S. 112; 1874, S. 116; v. Kerpely, Fortschr. 2, 162, 164, 196, [illegible] B. u. h. Ztg. 1873, S. 17; 1877, S. 305; v. Kerpely, Wien. Ausst.-Ber. [illegible] 2) B. u. h. Ztg. 1872, S. 355. 3) B. u. h. Ztg. 1865, S. [illegible] 4) v. Kerpely, Ungarns Eisensteine und Eisenhüttenerzeugnisse, Wien [illegible] Eisenbahnschienen, Leipzig [illegible]; B. u. h. Ztg. 1876, S. 352. 5) Ztsch[illegible] Bd. 22, S. 11, [illegible] 6) B. u. h. Ztg. 1863, S. 130, 334; Sche[illegible] Braunschweig [illegible] 7) Maschinenbauer 1878, S. 94. T[illegible] Metalle in Engin. and Min. Journ. 1877, No. 17 u. 21. [illegible]

Bei der rohen Formgebung der Metalle kommen vorwaltend die absolute und rückwirkende, bei der Vollendung der Form die relative, Abscheerungs- und Torsionsfestigkeit in Betracht. Die folgende Zusammenstellung ergiebt die absolute Festigkeit für Drähte von 1^{mm} Durchmesser, frisch ausgezogen und nach der Verarbeitung zuvor erhitzt (letzteres bezeichnet durch die in Klammern stehenden Zahlen): Pb 2.07 (1.80), Sn 2.45 (1.70), Zn 12.80, Au 27 (10.08), Ag (29 (16.02), Pt 34.10 (23.50), Cu 40.3 (30.54), Schmiedeeisen 61.10 (46.88), Stahldraht 70 (40), Gussstahl 80 (65.75) kg Gewicht beim Zerreissen.

d) Geschmeidigkeit, Dehnbarkeit, Hämmerbarkeit[1]), die Eigenschaft der Metalle, bei mechanischer Bearbeitung durch Hämmern und Walzen u. s. w., ohne zu brechen und zu reissen, eine bleibende Formveränderung anzunehmen. Einen Massstab für die Dehnbarkeit giebt die Abmessung des geringsten Querschnittes, auf welchen sich ein Metall verringern lässt ohne Verlust des Zusammenhanges. Die Eigenschaft der Dehnbarkeit beginnt mit dem Ueberschreiten der Elasticitätsgrenze und hört auf mit Eintritt von Trennung. Ermittelt man bei einem Metalle für beide Vorgänge Zahlenwerthe, so erhält man aus der Differenz einen wichtigen Factor für die Dehnbarkeit. Temperatur, Veränderung des Molekularzustandes, krystallinische Structur, fremdartige Einschlüsse, Hohlräume und Arbeitsverfahren modificiren diese Eigenschaft.

Beispiele: In der folgenden Reihe: Au, Ag, Cu, Sn, Pt, Pb, Feinkorneisen und Stahl, Zn, Sehneneisen, Ni ist Au am geschmeidigsten beim Hämmern, Pressen oder Walzen; viele Metalle erhalten beim Erwärmen eine grössere Dehnbarkeit (Schmiedeeisen, Stahl, Kupfer u. s. w.); bei Zink, in gewöhnlicher Temperatur spröde, nimmt die Dehnbarkeit bis 150° C. zu, dann aber rasch ab, so dass sich dasselbe bei 200° zu Pulver stossen lässt; Sb, Bi und As sind in allen Temperaturen spröde. Durch rasche Abkühlung eines auf eine bestimmte Temperatur erhitzten Metalles nimmt die Dehnbarkeit entweder ab (bei Stahl wegen Gebundenbleibens des Kohlenstoffs) oder zu (bei Bronze, indem die Ausscheidung einer zinnreichen spröden Legirung verhindert wird). In der Kälte spröde, in der Hitze dehnbare Metalle (phosphorhaltiges Eisen, kupferoxydulhaltiges Kupfer) nennt man kaltbrüchig, in der Kälte, nicht aber in der Hitze dehnbare rothbrüchig (schwefelhaltiges Eisen). Fast alle Metalle verlieren bei fortgesetztem Verarbeiten (Hämmern, Walzen u. s. w.) an Dehnbarkeit (Fe, Stahl, Cu, Au, Ag u. s. w.), werden härter, spröder, erhalten Kantenrisse und brechen, werden aber nach dem Glühen wieder geschmeidig; Pb und Sn büssen die Dehnbarkeit beim mechanischen Verarbeiten nicht so weit ein, dass sie erhitzt zu werden brauchen; Zink erfordert, indem bei der Verarbeitung die Festigkeit annähernd mit der Elasticität gleichmässig zunimmt, während der Verarbeitung kein Ausglühen, wohl aber nach derselben, wobei sich, unter grösserer Verringerung der Elasticität als der Festigkeit, die Zähigkeit steigert.

Ein krystallinischer Zustand kann der Dehnbarkeit entgegenwirken (grobkrystallinische Metalle vertragen weniger leicht Verdünnungen als feinkrystallinische, ein sehniges Metall weniger, als ein körniges); derselbe lässt sich zuweilen durch Umschmelzen des Metalles beseitigen (Pattinson'sches Blei). Ist die krystallinische Textur durch Walzen einmal überwunden und zerstört, so verhält sich das Metall von da an viel weicher und kann kalt gewalzt werden (Zn), dagegen aber bleibt geschmeidiges sehniges Stabeisen, dessen ursprünglich schon vorhandenen Krystalle durch wiederholte Schwingungen, Stösse oder Erschütterungen eine Auflockerung in ihrem Verbande erleiden, beim Walzen und Hämmern spröde, indem die Krystalle dabei in irgend einer Art verlängert, aber nicht zerstört werden. Oft schon geringe Mengen fremder Stoffe können die Dehnbarkeit in der Kälte oder Hitze oder in beiden beeinträchtigen (S, P, C, Si in Stabeisen und Stahl, As

---

1) Journ. of Franklin Instit. 1877, Vol. 104, No. 624 (Dehnbarkeit bei verschiedenen Temperaturen). Thieme, Hobeln der Metalle in Oest. Ztschr. 1877, No. 30.

und Bi im Cu). Sowohl harte als weiche Metalle können dehnbar sein, weil grosse Dehnbarkeit eine gewisse Festigkeit voraussetzt und diese mit der Härte Schritt hält.

Von grossem Einflusse ist die Arbeitsmethode, je nachdem sie mehr oder weniger auf die Abscheidung fremder Stoffe hinwirkt, eine Bildung von Hohlräumen vermeidet (Giessen mit verlorenem Kopfe oder unter Druck, Giessen grosser Blöcke, welche relativ weniger Gasblasen suspendirt enthalten, als kleinere, z. B. von Neusilber) u. s. w.

e) Zähigkeit.[1] Man versteht darunter das Mass des Widerstandes, welchen ein Körper nach dem Ueberschreiten der Elasticitätsgrenze der Trennung entgegensetzt. Dieselbe wird gewöhnlich nach der Anzahl Hin- und Herbiegungen gemessen, welche ein an einem Ende eingespannter Stab von bestimmtem Querschnitte verträgt, bis er zerbricht (Bischof's Probe[2]). Dieselbe wird durch dieselben Einflüsse modificirt, wie die Geschmeidigkeit.

f) Ziehbarkeit oder die Fähigkeit der Metalle, sich durch enge Oeffnungen ziehen zu lassen, ohne zu reissen. Diese Eigenschaft hält mit der Geschmeidigkeit nicht immer gleichen Schritt und hängt wesentlich mit von der Reinheit der Metalle und der Temperatur ab.

Beispiele. Wie aus der nachstehenden Reihe hervorgeht, ist Au am meisten, gewöhnliches Ni am wenigsten ziehbar: Au, Ag, Pt, Fe, Cu, Zn, Sn, Pb, Ni. Ganz reines Nickel lässt sich aber zu den feinsten Drähten ausziehen, deren Festigkeit sich zu der des Eisens wie 9 : 7 verhält. Eisen ist zu den feinsten Drähten zu ziehen, aber nicht zu den dünnsten Blättern auszuwalzen. Die Ziehbarkeit pflegt mit der Temperatur abzunehmen, aber nicht ganz gleichmässig; bei Ag ist diese Abnahme rascher, als die Zunahme der Temperatur; bei Cu, Au, Pt und Pd langsamer als diese; die Ziehbarkeit des Eisens ist bei 100° C. geringer, bei 200° grösser als bei 0°.

g) Härte[3], das Mass des Widerstandes, welchen ein Körper einer bleibenden Aenderung in seiner Moleküllagerung entgegensetzt beim Eindringen eines andern Körpers (beim Feilen, Sägen, Bohren, Schneiden) und Einwirkung von Druck- oder Zugkräften (Blei setzt z. B. dem Zusammendrücken weniger Widerstand entgegen als Kupfer).

Beispiele. Härtescala nach Calvert und Johnson[4]: Staffordshire Roheisen No. 3 = 1000, Stahl 948, Pt 375, Cu 301, Al 271, Ag 208, Zn 183, Au 167, Cd 108, Bi 52, Sn 27, Pb 16. Am härtesten sind Osmiridium und Chrom, dagegen weicher noch als Blei Tl, Na und K. Ritzbarkeit mit dem Nagel und Abfärben (Sn, Pb) sind Kennzeichen grosser Weichheit, welche Eigenschaft besonders beim Prägen, Pressen, überhaupt bei der mechanischen Verarbeitung der Metalle in Rücksicht kommt und auch zur Beurtheilung ihrer Reinheit dienen kann (Pb, Sn). Auf Härte und Sprödigkeit influiren besonders fremde Beimengungen (Härtermachen von Fe durch Zusatz von C, Cr, Mn und Wo, des Au und Ag durch Cu, des Pb durch Sb, des Cu durch Sn, P und Mn u. s. w.), die mechanische Bearbeitung (kaltes Hämmern von Stahl und Bronce, Pressen der Broncestahlgeschütze, Walzen von Messing), die Langsamkeit des Erkaltens nach dem Glühen oder Schmelzen (Stahlhärten), die Schmelztemperatur vor dem Giessen (Sn, Zn), ein Abschrecken (Hartguss) u. A. Mit der Temperaturerhöhung nimmt die Weichheit zu; bei grosser Kälte können weiche Metalle spröde werden [Sn[5]), Fe[6])]. Im Allgemeinen stehen Härte und absolute Festigkeit in innigem Zusammenhange und correspondiren mit einander.

---

1) Vorgänge beim Lochen von Metallen, in Deutsch. Metallindustr.-Ztg. 1878, No. 17.
2) Polyt. Ctrlbl. 1871, S. 368.
3) Beziehungen zwischen Härte und chem. Constitution des Eisens in Kärnthn. Ztschr. 1878, No. 1 u. 2 (v. Korpely). Natur gehärteter Körper in B. u. h. Ztg. 1878, S. 163. v. Schütz, über Hartguss, in Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878, Bd. 22, S. 298.
4) Dingl. 152, 130.
5) Dingl. 191, 171; 195, 92. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1870, S. 742. B. u. h. Ztg. 1875, S. 443.
6) Polyt. Centr. 1871, S. 476; B. u. h. Ztg. 1869, S. 264; 1871, S. 176; 1875, S. 251.

h) Elasticität, eine Kraft, welche bestrebt ist, die durch fremde mechanische Gewalt in einem Körper hervorgebrachte Formveränderung nach dem Aufhören der Gewalt aufzuheben und die alte Form wieder herzustellen. Elasticitätsgrenze ist das Mass der Kraft, über welches hinaus eine bleibende Formveränderung eintritt, und steigert sich die Kraft noch mehr, so tritt in Folge Ueberwindung der Cohäsionskraft Bruch oder Zerreissung ein, und das Mass der Kraft für diesen letzteren Vorgang giebt der Festigkeitsmodul. Die Härte ist häufig der Elasticitätsgrenze proportional, so dass Körper mit hoch liegender Elasticitätsgrenze auch sehr hart sind. Liegen letzteren Falls Elasticitätsgrenze und Festigkeit nahe bei einander, so ist der Körper hart und spröde (weisses Roheisen), dagegen hart und zähe, wenn Elasticitätsgrenze und Festigkeit weiter auseinander sich befinden. Die Elasticität leidet durch fremde Beimengungen, Temperaturschwankungen u. s. w. (Stahl).

Elasticitätsgrenze bei Drähten von 1 mm Durchmesser im frisch gezogenen und angelassenen, d. h. nach der Verarbeitung zuvor erhitzten Zustande (letztere Angaben in Klammern eingeschlossen): Pb 0.25 (0.20), Sn 0.45 (0.20), Zn 0.75 (1.00), Ag 11.25 (2.75), Cu 12.00 (3.00), Au 13.50 (3.00), Pt 26.00 (14.50), Schmiedeeisen 32.50 (5.00), Stahldraht 42.50 (15.00), Gussstahl 55.6 (5.0).

i) Sprödigkeit, die Erscheinung der plötzlichen Aufhebung der Cohäsion durch eine im Körper vorhandene repulsiv wirkende Kraft, wenn letztere durch eine äussere Veranlassung (Schlag, plötzliche Temperaturänderung, Verletzen der Oberfläche) frei wird und dann ein Springen des Körpers herbeiführt.

Die Sprödigkeit ist zum Theil die Folge einer Spannung, das ist einer unnatürlichen Lagerung der Moleküle, z. B. durch rasche Abkühlung und Zusammenziehung der rascher erkaltenden äusseren Theile, als der inneren des Körpers (gehärteter Stahl, Gusseisenfabrikate aus dünnen und dicken Theilen), oder einer Verunreinigung der Substanz (Schmiedeeisen und Stahl mit S, P, Si; Pb und Cu mit Sb und As) oder sie wird durch Temperaturverhältnisse bedingt (Cu ist im kalten Zustande fest und zähe, im glühenden zerbrechlich; Zn ist bei Temperaturen bis 100° und bis über 200° C. spröde, bei 150° aber geschmeidig; Bronce wird bei langsamem Erstarren hart, bei raschem geschmeidig; Messing ist in der Hitze sehr spröde). Zur Beseitigung der Sprödigkeit dient häufig ein Anwärmen oder Anglühen (gewalztes oder gehämmertes Eisen, Kupfer, Messing).

k) Specifisches Gewicht (Dichtigkeit). Je inniger der Zusammenhang zwischen den kleinsten Theilchen eines Metalles, also je dichter dasselbe, desto grösser ist die Widerstandsfähigkeit, weshalb die Kenntniss des spec. Gew. von grosser Wichtigkeit, indem sich aus derselben Schlüsse auf seine Verwendbarkeit machen lassen.

Beispiele: Pt 21.15 (geschmolzen 21.5 nach Deville), Ir 21.15, Os 21.4, Au 19.5, Ur 18.4, W 18.2, Hg 13.596 bei 0°, Rh 12.1, Tl 11.86, Pd 11.8, Pb 11.37, Ru 11.4, Ag 10.5, Bi 9.8, Cu geschmiedet 8.878, geschmolzen 8.788, Ni 8.8, Cd 8.6, Mo 8.6, Co 8.5, Mn 8.0, Fe 7.7, Sn 7.29, Zn 6.86, Cr 6.8, Sb 6.7, As 5.63, Al 2.67.

Das specifische Gewicht kann variiren nach dem Gefüge (Krystallbildung mit grösseren Hohlräumen), der Temperatur, dem Grade der Abkühlung, der mechanischen Behandlung der Metalle (Giessen mit oder ohne Druck, Hämmern u. s. w.) davon abhängenden Molekularzustand, der Krystallform (Sn von 7.29 und spec. Gew., je nachdem regulär oder tetragonal krystallisirt), sowie nach Dasselbe spielt eine wichtige Rolle bei der Separation der Hütten-schmolzenen Zustande (Metall, Legirung, Speise, Stein, Schlacke; und Sn), zur Beurtheilung ihrer Reinheit (Pb) und der Widerstands-

fähigkeit von Güssen [Kanonenrohre [1]]. Zuweilen schwimmt das kalte Metall auf flüssigem [Roheisen [2]].

Thermische Eigensch.

2) **Thermische Eigenschaften.** Bei allmälig gesteigerter Erhitzung der Metalle und demnächstiger Abkühlung lassen sich hauptsächlich nachstehende Erscheinungen an denselben wahrnehmen:

a) **Ausdehnung.** Dieselbe variirt bei den verschiedenen Metallen.

Beispiele. Längenausdehnung von 0—100° C.: Pt $^1/_{1132}$, Pd $^1/_{1000}$, Sb $^1/_{923}$, Gusseisen $^1/_{901}$, Stahl nicht gehärtet $^1/_{859}$, gehärtet $^1/_{816}$, Stabeisen $^1/_{795}$, Bi $^1/_{719}$, Au $^1/_{682}$, Cu $^1/_{588}$, Ag $^1/_{524}$, Sn $^1/_{438}$, Pb $^1/_{349}$, Zn $^1/_{340}$. Die Ausdehnung der Metalle kommt in Rücksicht beim Giessen, bei der technischen Verwendung, namentlich zu Bauzwecken, und es influiren darauf besonders der Molekularzustand und die Temperaturhöhe. Bei Gusseisen findet bei wiederholtem Erhitzen eine bleibende Ausdehnung statt (Volumvermehrung von Eisen- und Blechwalzen, Correction von Kanonenkugeln, Spielraum bei Roststäben, Bolzen zu Plätteisen).

b) **Anlauffarben.** Beim Erhitzen auf noch unter der Glühhitze liegende Temperaturen nehmen manche Metalle (Wismuth, Kupfer und Bronce, weisses Roheisen, Stahl u. s. w.) Anlauffarben an in Folge der Bildung einer dünnen Oxydhaut, welche ganz bestimmten Temperaturen entsprechen und mit diesen wechseln, zuweilen in derselben Reihenfolge nochmals wiederkehren, auch Texturunterschiede anzeigen (Stahl).

Beispiele. Anlauffarben des Stahls: Bei 220° C. blass- oder hafergelb, 230° strohgelb, 255° braun, 265° braun mit Purpurflecken, 277° purpurfarbig, 288° hellblau, 298° dunkel- oder kornblumenblau, 316° schwarzblau. Man benutzt die Anlauffarben, um dem abgelöschten, zu harten Stahle durch Erhitzen (Anlassen) bis zum Eintritte einer gewissen Farbe die erforderliche Härte zu geben. Anlauffarben des Schmiedeeisens zwischen 200—400° C.: Blassgelb, strohgelb, orange, violett, dunkelviolett, dunkelblau, hellblau, grün, blassgrün, Farblosigkeit. Pt, Au, Ag, Pb und Zn zeigen keine oder fast keine Anlauffarben. v. Kerpely's Anlauffarbenprobe [3]) für gebrochenen schwach erhitzten Stahl.

c) **Glühen.** Bei fortgesetzter Erhitzung kommen die meisten Metalle ins Glühen, die Anlauffarben verschwinden, indem sie einer dickern Oxydhaut (Glühspan, Hammerschlag u. s. w.) Platz machen.

Den Zusammenhang der Leuchtkraft der glühenden Metalle und der Temperatur hat man wie folgt ermittelt: Anfangendes Glühen 525° C., dunkle Rothgluth 700°, anfangende Kirschrothgluth 800°, stärkere Kirschrothgluth 900°, vollkommene Kirschrothgluth 1000°, Dunkelorange (Gelbrothrothgluth, Safrangelb) 1100°, helles Glühen 1200°, Weissglühen 1300°, starke Weissgluth 1400, blendende Weissgluth 1500—1800°. Um gewisse Glühegrade regelmässig inne zu halten (z. B. beim Beschneiden von Eisenbahnschienen), beobachtet man den Gegenstand durch gefärbte grüne oder blaue Gläser, bis durch dieselben eben kein Glühen mehr wahrzunehmen ist, und nimmt dann die betreffende Operation vor. [4])

Manche Metalle absorbiren schon bei Rothglühhitze Gase [5]) und man hat auch die Beobachtung gemacht, dass Eisen beim starken Erhitzen von Gasen durchdrungen wird. [6])

Beispiele. Platinschwamm absorbirt nach Odling das 148fache, Pd bis zum 686fachen seines Volums Wasserstoff; Cu in Drahtform bei Rothgluth 30%, in Schwammform 60% Wasserstoff, Au in Röllchen 48% Wasserstoff, 29% Kohlenoxydgas, 16% Kohlensäure und 20% Luft; Ag als Draht beim Rothglühen 74%

---

1) Künzel, Broncelegirungen S. 32. 2) Dürre, Giessereibetrieb 1, 123; 2, 197. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 6, 352; 7, 505; 8, 209, 249; 9, 104, 114; 20, 248. Dingl. 226, 213. B. u. h. Ztg. 1876, S. 34. 3) B. u. h. Ztg. 1878, S. 405. 4) B. u. h. Ztg. 1877, S. 437. 5) Dingl. 188, 130; 191, 210, 251. B. u. h. Ztg. 1864, S. 236, 300; 1866, S. 68. 6) Dingl. 172, 374; B. u. h. Ztg. 1870, S. 333. Erdm.-J. 95, 307.

Sauerstoff und 21 % Wasserstoff, Silberschwamm 722 % Sauerstoff, 92 % Wasserstoff, 52 % Kohlensäure und 15 % Kohlenoxyd; Fe bis 46 % Wasserstoff und 415 % Kohlenoxyd, welches letztere sich in Kohlensäure und Kohle zerlegt. Erstere verbindet sich mit dem Eisen zu Stahl, letztere macht das Product beim Entweichen auf der Oberfläche blasig.

Schmiedeeisen wird beim starken Erhitzen von Gasen (Wasserstoff, Kohlensäure, Stickstoff, Kohlenoxyd) durchdrungen, was zur Erklärung mancher Erscheinungen beim Schmieden, Walzen (Blasigwerden [1]) von erhitzten Blechen in Folge eingeschlossener Gase), Cementiren u. s. w. dienen kann. Glühende gusseiserne Stubenöfen sollen wegen Durchganges von Kohlenoxydgas ins Zimmer Krankheitserscheinungen veranlassen.

Beim Eintauchen in Wasser verändern rothglühende Metalle mehr oder weniger ihre Form. [2])

d) Schweissen. Während die meisten Metalle beim Erhitzen bis zu einem gewissen Grade plötzlich aus dem festen in den flüssigen Zustand übergehen, so werden andere zuvor, aber in verschiedenem Grade vor dem Schmelzen teigartig und es lassen sich durch eine mechanische Kraft zwei Stücke durch Cohäsionswirkung in einander kneten, welche Eigenschaft (Schweissbarkeit) man bei der Darstellung und Bearbeitung einiger Metalle (Platin, Schmiedeeisen, Stahl) benutzt. Die Temperatur, bei welcher der teigartige Zustand eintritt, nennt man Schweisshitze.

Beispiele. Es erfordern zum Schweissen Platin die stärkste Weissgluth, kohlenstoffarmes Schmiedeeisen helle Weissgluth; Stahl Rothgluth, welche mit steigendem Kohlenstoffgehalt abnehmen muss (unschweissbarer Stahl, Verstahlen von Eisen), Kupfer helle Rothgluth. Eine Oxydation der Oberflächen der zusammenzuschweissenden Theile wirkt der Schweissung entgegen und wird durch Zusatz von die Oxyde auflösenden Schweissmitteln (Sand, Borax, Flussspath u. s. w.) unschädlich gemacht, indem man die in dünnflüssigen Zustand versetzten fremden Körper in Tropfenform herausdrückt, woher der Ausdruck Schweissen. Während Ledebur [3]) die Schweissbarkeit auf Cohäsionsverhältnisse zurückführt, geben Jordan [4]), Williams [5]) und Howson [6]) andere minder wahrscheinliche Erklärungen dafür.

e) Schmelzen. Je nach der angewendeten Untersuchungsmethode werden die Schmelzpunkte [7]) der Metalle, namentlich der strengflüssigen verschieden angegeben, und stehen sich namentlich die älteren höheren Angaben von Plattner und die neueren meist niedrigeren von Pouillet und Becquerell gegenüber, welch letztere für pyrometrische Messungen die Luft [8]) als Medium benutzten und aus deren Ausdehnung die Temperatur bestimmten. Da aber die zum Einschluss der Luft verwendeten Metalle (Platin, Eisen) bei hohen Temperaturen für Gase durchlässig sind, auch Porzellan zum Einschliessen von Luft nach Deville nur bis zu Temperaturen von 1554° C. anwendbar ist, indem dieselbe alsdann erweicht, so beruhen die Temperaturen, welche über diese Grenze hinausgehen, im Wesentlichen auf Abschätzungen. Auch die Berechnungen der Schmelztemperatur von Dulong und Petit auf Grund der specifischen Wärmen gestatten keine hinreichende Genauigkeit, indem die für specifische Wärme bei

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 156. 2) Dingl. 171, 153. 3) B. u. h. Ztg. 1875, S. 45. 4) B. u. h. Ztg. 1874, S. 204. 5) Dingl. 214, 163. 6) Journ. of the Iron and Steel Inst. 1877, No. 1. 7) Himly, neue Methode, die Schmelzpunkte der Metalle zu bestimmen. Kiel 1877. 8) Ferrini, Technologie der Wärme. Jena 1877, S. 20; Bischof, feuerfeste Thone, Leipzig 1876, S. 108.

niedrigen Temperaturen ermittelten Coëfficienten für höhere nicht passen.

Beispiele. Schmelzpunkte nach Plattner und Pouillet u. s. w. (von Letzterem ermittelte Zahlen in Klammern eingeschlossen): Sn 228° (239°), Bi 264° (241 bis 265°), Tl 290°, Cd 320° (315—316°), Pb 334° (323—334°), Mg 400°, Zn 412°, Sb 430°, Al 700°, Ag 1000° (916°), Au 1200° (1037°), Cu 1090° (1000—1200°), Roheisen 1500—1700° (1050—1200°), Co (1400°), Pd 1600° (1360—1380°), Ni (1600), W (1700°), Mn (1600°), Ur und Mo (1600°), Cr (1700°), Stahl 1700—1900° (1300—1400°), Schmiedeeisen 1900—2100° (1600°), Platin 2534° (1460—1480°, nach Debray 2000°), Iridium (2400). Neuerdings hat Violle den Schmelzpunkt des Silbers zu 954°, den des Platins zu 1779° bestimmt.

Beim Schmelzen der [illegible] eine mehr oder weniger grosse Gasabsorption statt.

Dieselbe scheint mit de[illegible]peratur zuzunehmen. Entweder verbindet sich das Gas oder Best.[illegible]en mit dem Metalle und es entstehen Oxyde (Sauerstoff der Luft mit [illegible]der das Gas wird ungebunden absorbirt gehalten (Sauerstoff von [illegible] Säure von Cu, Kohlenoxydgas von Stahl) und beim Erstarren wi[illegible], häufig unter heftigem Entweichen (Spratzen des Ag — nach Duma[illegible]lt 1 kg reines Ag beim Erhitzen auf 500—600° an 57 cbcm Sauerstoff, 15 Minu[illegible]der Luft geschmolzen bis 174 cbcm —, Sprühen des Au) und Entstehn[illegible]hter Güsse, namentlich wenn das heisse Metall rasch in eine g[illegible]rm gegossen wird; dagegen erfolgen dichtere Güsse, wenn das hei[illegible]. Stahl) sich vor dem Eingiessen in die Form im Schmelztiegel u. s. w. abkühlen gelassen wird. Roheisen nimmt nach Ledebur[1] wahrscheinlich Schwefelsilicium auf, welches beim raschen Ausgiessen an den wasserhaltigen Wänden der Gussform Schwefelwasserstoff und Kieselsäure giebt, bei längerem Stehen aber Siliciumeisen und Schwefelmetall bildet, welches letztere sich in den sogenannten Wanzen oder Narben oberflächlich ausscheidet.

Geschmolzene Metalle können noch verschiedene Oberflächenerscheinungen zeigen.

Beispiele. Wallen in Folge der nach unten sinkenden kälteren oberen Schichten (Kupfer, Roheisen): Farbenspiele (Regenbogenfarben des flüssigen Bleies und des blickenden Silbers; Spiel des Roheisens[2]) durch oberflächliche Ausscheidungen (Wanzen, Narben, Probe) oder einer Oxydhaut, welche durch Krystallbildung zu regelmässigen, über die Beschaffenheit des Metalles Aufschluss gebenden beweglichen stern- oder ringartigen Figuren sich formiren; Funkenauswerfen (Roheisen) und Blasenbildung (Stahl) durch entweichende Gase u. dergl. Quincke[3]) beurtheilt die Reinheit geschmolzener Metalle aus der Höhe flacher Tropfen, welche dieselben auf einer beliebigen nahezu horizontalen Unterlage bilden.

f) Verdampfen. Manche Metalle werden in den höchsten Temperaturen nicht flüchtig (Pt, Ni, Co, Ir, Rh, Fe, Cr u. s. w.), andere erst in sehr hohen Hitzen (Au, Ag, Pd, Cu bei der Platinschmelzung im Kalkofen mit Knallgas), andere schon bei minderen Temperaturen (Zn mit Siedepunkt bei 891—1040°, Cd mit Siedepunkt bei 891°, Bi, Pb, Sb, Hg); As geht meist aus dem festen Zustande direct in den dampfförmigen über.

g) Erstarren flüssiger Metalle. Gussstücke fallen immer kleiner aus als das Modell in Folge einer Volumverminderung im Augenblicke des Erstarrens und der nachherigen Zusammenziehung beim Abkühlen des schon fest gewordenen Metalles (Schwinden). Das Schwindmass variirt nicht nur bei den verschiedenen Metallen,

1) B. u. h. Z. 1878, S. 325. 2) Schott, Kunstgiesserei in Eisen. Braunschweig 1873, S. 10. 3) Verh. d. Preuss. Gew.-Ver. 1870, S. 51.

sondern kann auch nach Umständen bei einerlei Metall verschieden sein, je nach den Erkaltungsumständen und fremden Beimengungen.

Beispiele. Es beträgt die lineare Zusammenziehung bei Gusseisen durchschnittlich $^1/_{97}$, Zn $^1/_{80}$, Pb $^1/_{92}$, Sn $^1/_{147}$ (Messing $^1/_{64}$, Glockenmetall $^1/_{63}$, Statuenbronce $^1/_{120}$, Kanonenmetall $^1/_{130}$). Das Schwindmass für Flächen- und Cubikinhalt ergiebt sich hinreichend genau durch Verdoppelung und Verdreifachung der linearen Schwindung. Gusseisen und Zink geben die schärfsten Güsse, weil sie dünnflüssig sind, sich im Augenblicke des Erstarrens etwas ausdehnen und dann nur wenig schwinden, so dass sich das Schwindmass aus der Volumvermehrung beim Erstarren und der Verminderung nach dem Erstarren ergiebt.

Während beim Guss durch das Schwinden nur die Grösse, nicht die Gestalt des Gussstückes verändert wird, so geschieht Letzteres durch das Saugen, das Entstehen von flachgrubenartigen Vertiefungen auf der Oberfläche oder von Höhlungen im Innern, indem nach dem Erstarren der Aussenflächen noch im Innern des Gussstückes sich die Schwindung fortsetzt.

Am meisten ist zum Saugen das Sn geneigt, am wenigsten graues Gusseisen; dazwischen liegen weisses Roheisen, Bronce, Messing, Blei und Zink.

h) Wärmeleitungsfähigkeit.

Beispiele. Dieselbe beträgt nach Calvert u. Johnson: Ag 1000, reines Au 981, gewöhnliches Au 840, gewalztes Cu 845, gegossenes Cu 811, Hg 677, Al 665, gewalztes Zn 641, vertikal gegossenes Zn 628, horizontal gegossenes Zn 608, Cd 577, Fe 436, Sn 422, Stahl 397, Pt 379, Gusseisen 359, Pb 287, Sb horizontal gegossen 215, vertikal gegossen 192, Bi 61; nach Wiedemann und Franz bei 12° C.: Ag 100, Cu 73.6, Au 53.2, Sn 14.5, Fe 11.9, Stahl 11.6, Pb 8.5, Pt 8.4, Bi 1.8. Die Wärmeleitungsfähigkeit nimmt bei zunehmender Temperatur ab und es influiren darauf noch der Molekularzustand und fremde Beimengungen.

i) Wärmecapacität oder specifische Wärme, die Wärmemenge, welche erforderlich ist zur Erwärmung einer gleichen Gewichtsmenge verschiedener Metalle auf eine bestimmte Temperatur.

Beispiele. Einheit = 1 Theil Wasser auf 1° zu erwärmen: Fe 0.1138, Ni 0.1086, Co 0.1070, Zn 0.0955, Cu 0.0952, Pd 0.0593, Ag 0.0570, Cd 0.0467, Sn 0.0562, Sb 0.0508, Pt 0.0324, Au 0.0324, Pb 0.0314, Bi 0.0308. Die specifische Wärme steht mit den Aequivalentgewichten in den meisten Fällen in solchem Zusammenhang, dass sie mit dem Grösserwerden des Aeq. abnimmt und beide Zahlenwerthe mit einander multiplicirt Producte ergeben, welche entweder nahezu gleich oder doppelt so gross sind. Die spec. Wärme variirt je nach der Temperatur und der physikalischen Beschaffenheit der Metalle (Härte, Dichtigkeit, Krystallform u. s. w.).

3) Optische Eigenschaften.[1] Von der Einwirkung des Sonnenlichtes oder einer andern Lichtquelle auf eine Körpermasse und andererseits von der Lichtempfänglichkeit der letzteren sind gewisse physikalische Eigenschaften des Körpers abhängig, welche über dessen Natur Auskunft geben können. Optische Eigensch.

a) Farbe. Dieselbe ist davon abhängig, in welcher Weise die Metalle die in ihre Masse eindringenden Lichtstrahlen zurückwerfen.

Beispiele. Gelblich- oder silberweiss Ag; fast silberweiss Sn, Hg, Cd; röthlich silberweiss Bi; bläulichweiss Sb, Zn, Pb; grau graphithaltiges Roheisen; roth Cu (Hohofentitan). Die Farbe der Oberfläche kann nach der Art der Abkühlung variiren (in kaltem Wasser gekühltes Cu ist orangeroth, bei warmem Wasser mehr rosenfarbig) und diejenige des Bruches durch oft geringe Verunreinigung mit anderen Stoffen verändert werden (Cu durch Sb, As, Sn und Zn; Fe durch C, Si, P u. s. w., Au durch Ag und Hg). Die Farbe des flüssigen oder erstarrten Metalles

1) Gänge, opt. Unters. über die Metalle u. ihre Verb. Halle 1878.

kann zur Beurtheilung seiner Qualität dienen (meergrüne Farbe des gaaren flüssigen Kupfers, fleischfarbener Bruch des raffinirten Kupfers, Gaarkupferspan, weisses und graues Roheisen, Regenbogenfarben des flüssigen Bleies, Anlauffarben des Roheisens und Stahles).

b) Glanz der Oberfläche und des Bruches. Der natürliche Glanz ist ein Resultat der Krystallisation und schliesst sich unmittelbar an die Farbe an, ohne dass jedoch beide in einer gegenseitigen Beziehung stehen (weisses Roheisen z. B. kann bei gleicher Farbe verschiedenen Glanz zeigen).

Beispiele. Der Glanz variirt je nach der Natur, der Reinheit und dem Grade der Politur der Metalle (starkglänzende Schnittflächen weicher Metalle) und kommt bei feinzertheilten Metallen (z. B. gefälltem Ag, Cu, Fe) erst bei starkem Reiben zum Vorschein. Der Glanz kann zur Beurtheilung der Reinheit und Qualität eines Metalles dienen (oberflächliches Spiegeln des raffinirten Ag, Spiegeln des Königs bei Kupfer- und Nickelproben, seidenglänzender Bruch des raffinirten Cu, verschiedener Glanz der Stabeisensorten auf dem Bruche (kalt- und rothbrüchiges, kalt gehämmertes, roh- und faulbrüchiges Eisen), sowie auch der Roheisensorten, von welchen von zwei Sorten derselben Farbe diejenige die bessere ist, welche auf dem frischen Bruche den lebhaftesten Glanz zeigt.

c) Lichtintensität. Dieselbe kann charakteristische Merkmale abgeben.

Beispiele. Glühegrade (S. 10) zur Beurtheilung der Temperatur; mehr oder weniger intensives Glühen des Eisens beim Frischen und Beurtheilung des Processes danach; Unterscheidung des Haltigen vom Unhaltigen beim amerikanischen Bleiherdprocess. — Normirung eines bestimmten Glühegrades, z. B. beim Abschneiden der Enden glühender Eisenbahnschienen durch Betrachtung derselben durch gefärbte Gläser, bis eben die Gluth unsichtbar wird. [1])

d) Spectrum. [2]) Die Spectralanalyse gestattet die Erkennung der Metalle u. s. w. oft in den allergeringsten Spuren und ist namentlich beim Bessemern in Anwendung gebracht.

Elektr. Eigensch.

4) Elektrische Eigenschaften. Es kommt besonders die Elektricitätsleitungsfähigkeit in Betracht, welche dadurch untersucht wird, dass man in einen Draht von bestimmter Länge und Dicke einen Strom von bestimmter Stärke leitet und den Ausschlag der Magnetnadel am Galvanometer beobachtet.

Beispiele. Bei 0° C: Ag 100, Cu 73.3, Au 58 5, Sn 23.6, Fe 13.0, Pb 10.7, Pt 10.3, Bi 1.9. Diese Eigenschaft hängt ab von der Länge und Dicke des Leiters, sowie von der Reinheit und dem Molekularzustand der Metalle und ändert sich mit der Temperatur. Kupfer vom Obernsee leitet von allen Kupfersorten die Elektricität am besten.

Ausser bei Blei nimmt beim ersten schwachen Anglühen der galvanische Widerstand hart gezogener Drähte ab, beim zweiten Ausglühen nimmt er zu, auch bei dem nicht oxydirbaren Platin, und beim Ablöschen nimmt er ausser bei Neusilber zu. [3]) Siemens' Pyrometer beruht auf der Eigenschaft reiner Metalle, bei Zunahme der Leitungswiderstände für Wärme elektrischen Strömungen mehr Widerstand zu leisten (s. später Pyrometer).

Magnet. Eigensch.

5) Magnetische Eigenschaften. Von den Metallen lassen sich Fe, Ni und Co magnetisch machen, Stahl wird zu einem bleibenden Magneten und hält den Magnetismus länger und inniger an bei einem Wolframgehalt.

---

1) B. u. h. Ztg. 1877, S. 437. 2) Vogel, Spectralanalyse irdischer Stoffe. Nördlingen 1877. 3) Beibl. zu Pogg. Ann. 1877, S. 363.

Da ein Stab weichen Eisens in der Richtung der Inclinationsebene eines Magneten magnetisch wird, so hat Sorby die Prüfung von Eisen auf eine Unterbrechung seiner Continuität darauf basirt, dass eine über den Eisenstab geführte Magnetnadel an fehlerhaften Stellen Abweichungen erleidet. In Betreff der Brauchbarkeit dieser Methode sind jedoch gewichtige Bedenken erhoben.[1]) Armstrong findet ein, jedoch nicht immer zutreffendes Erkennungsmittel für reines Eisen darin, dass dasselbe vom Magneten angezogen wird, den Magnetismus aber nach Entfernung des Magneten wieder verliert, während ein Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor u. s. w. enthaltendes Eisen den Magnetismus unter diesen Umständen behält.[2])

Akustische Eigensch.

6) Akustische Eigenschaften. Dieselben können die grössere oder geringere Reinheit eines Metalles anzeigen.

Beispiele. Schreien des reinen Zinnes und Cadmiums beim Biegen; Unterscheidung des klanglosen reinen Bleies vom klingenden Hartblei beim Anschlagen; Erkennung von Rissen oder Sprüngen durch den beim Anschlagen von Gussstücken erfolgenden Ton oder Klang; Airy's[3]) Verfahren aus der Höhe des angeschlagenen Tones die Spannung von Stäben zu ermitteln.

Constitution.

4. Metalllegirungen.[4]) Isomorphe Mischungen der Metalle in bestimmten Aequivalent-Verhältnissen, welche entweder in dem Ueberschusse des einen oder andern Metalles sich in Auflösung befinden oder für sich und krystallisirt auftreten. Nach dem langsamen Erstarren zeigt ein gegossener Barren u. s. w. wegen ungleichmässiger Ausscheidung solcher Verbindungen keine homogene Zusammensetzung. Manche Metalle vereinigen sich nur innerhalb gewisser Gewichtsverhältnisse (Zn und Pb), manche unter Temperaturerhöhung, selbst Feuererscheinung (Cu und Zn, Hg und Na, Pt und Sn). Legirungen erzeugen sich bei Hüttenprocessen häufig als Zwischenproducte (Werkblei, Schwarzkupfer, eisenhaltiges Zinn, Goldsilber, Ofensauen u. s. w.) und müssen dann durch chemische oder mechanische Operationen in ihre Bestandtheile zerlegt werden. Manche Metalle haben wenig Neigung, sich zu legiren (Pb und Zn). Die Quecksilberlegirungen nennt man Amalgame.

Entstehung.

Eigenschaften.

Der Schmelzpunkt der L. liegt meist tiefer als derjenige des am leichtesten schmelzbaren Metalles; manche Metalle haben zwei Schmelzpunkte, einen variabeln und einen constanten. Das specifische Gewicht[5]) stimmt meist nicht mit dem berechneten mittleren überein, sondern ist grösser (Ag Au, Pb Au, Ag Sn, Hg Sn, Au Bi, — ausgenommen Bi_{90} Au — Bi Sb, Cu Zn, Cu Sn, Pb Sb) oder geringer (Cu Ag, Sb Sn mit Ausnahme von Sb Sn_{40}, Pb Sb, Sn Pb, Cd Pb), dagegen grösser oder geringer, je nach dem Mischungsverhältniss der Legirungen aus Bi Pb, Ag Pb, Hg Pb, Bi Ag, Cd Bi, Sn Au, Sn Cd, Sn Bi; Streck- und Schmiedbarkeit ist geringer als diejenige des streckbarsten Bestandtheiles; die Härte ist grösser als diejenige des weichsten Componenten; in der Hitze nimmt die Sprödigkeit der Legirungen zuweilen zu, so dass sie sich leichter zerkleinern lassen (Messing). Bronce nimmt bei rascher Abkühlung an Dehnbarkeit zu. Manche Legirungen absorbiren in flüssigem Zustande Gase (Ni Cu).

Zerlegungsmittel.

Als Mittel zur Zerlegung der Legirungen dienen auf Hüttenwerken: allmäliges Erhitzen einer festen Legirung (Aussaigern des silberhaltigen Pb aus Cu, des Sn aus Fe, einer zinnreichen Legirung aus Bronce; Verflüchtigung des Hg aus Au- und Ag-Amalgam), allmälige Abkühlung einer geschmolzenen Legirung (Pattinson's Krystallisationsprocess, ungleichmässiges Erstarren von Werkblei, Blick-

1) Dingl. 187, 43; Polyt. Centr. 1868, S. 209. 2) Dingl. 158, 416; 160, 131; Rydes in Metallurgical Review, Vol. 1, No. 4. 3) v. Kerpely's Fortschr. 7, 204. 4) Pogg. Ann. 120, 54; Künzel, Broncelegirungen 1875. Iron 1878, No. 281. Eisenlegirungen in Dingl. 228, 427. Manganlegirungen in B. u. h. Ztg. 1878, S. 184. 5) Dingl. 226, 329; Kopp, Modification der mittleren Eigenschaft.

silber u. s. w.), Oxydation der Metalle nach Massgabe ihrer Verwandtschaft zum Sauerstoff (S. 2), Umschmelzen und Absonderung nach dem specifischen Gewichte (Pb und Zn, Fe und Sn), Filtration[1] (von unreinem Sn durch ein Filter aus Eisenblechstreifen), Ausziehen des einen Metalles durch Lösungsmittel (Au und Ag mittelst Hg aus Schwarzkupfer, Scheidung von Au und Ag).

Entstehung. **5. Metalloxyde.** Dieselben entstehen durch Einwirkung von Luft bei erhöhter, nicht zum Schmelzen steigender Temperatur auf Metalle (Hammerschlag, Glühspan) und Schwefelmetalle (Eisenoxyd aus Schwefelkies, Zinkoxyd aus Zinkblende), bei oxydirenden Schmelzungen ohne Zuschläge (Abtreiben, Gaarmachen) oder mit solchen (Salpeter, Bleioxyd, Eisen- und Kupfervitriol, Wasserdampf), sowie beim Behandeln mit Sauerstoff abgebenden Säuren (Ag und Cu mit concentrirter Schwefelsäure und verdünnter Salpetersäure).

Eigenschaften. Die Oxyde sind entweder leichtflüchtig (Blei-, Cadmium-, Quecksilberoxyd, arsenige Säure) oder schmelzbar und bei höherer Temperatur flüchtig (Blei- und Wismuthoxyd) oder unschmelzbar und feuerbeständig (Zink-, Zinn-, Eisenoxyd).

Zerlegung. Zur Zersetzung oder Reduction der Oxyde dienen:

a) Blosses Erhitzen (edle Metalle);

b) Kohle in Gestalt von rohen und verkohlten Brennstoffen, mit welcher leichtreducirbare Metalloxyde (von Pb, Bi, Sb, Ni, Cu, Fe) meist nur Kohlensäure geben, weil sich letztere wegen nicht hinreichender Temperatur in Berührung mit Kohle weniger leicht zu Kohlenoxydgas reducirt, als bei schwerer reducirbaren Metalloxyden (wie Co, Sn, Zn, Mn, Cr). Uranoxydul wird durch Kohle nicht, Titansäure nur unvollständig reducirt. Die Eigenschaft der Alkalien, Erden und theilweise auch der Kieselsäure, den kräftigsten Reductionsmitteln zu widerstehen, ist für deren Abscheidung aus Erzen wesentlich. Diese Reductionsmittel wirken um so energischer, je weniger fremde und oxydirende Bestandtheile sie enthalten, deshalb Steinkohlen, Holzkohle und Cokes kräftiger als Holz, Torf und Braunkohle. Die Reduction mit festem Kohlenstoff schreitet nur langsam fort und gelingt nur auf dem Wege der Cementation, wenn sich nicht Kohlenoxydgas erzeugt.

c) Kohlenoxydgas.[2] Dieses ist, obgleich auch die Wirkung der festen Kohle nicht unterschätzt werden darf, das hauptsächlichste reducirende Agens, welches beim Eindringen in die oxydischen Substanzen deren Sauerstoff aufnimmt und in Kohlensäure übergeht. 1 Gew.-Thl. Kohlenoxydgas giebt dabei 1,57 Gew.-Thle. Kohlensäure. Ausserdem scheidet sich aus Kohlenoxydgas nach Gruner[3]) und Bell[4]) schon bei mässigen Temperaturen Kohlenstoff ab ($2\,CO = CO_2 + C$), welcher kräftig reducirend wirkt. Das Kohlenoxydgas entsteht entweder durch directe Verbrennung der Kohle oder in Berührung von Kohlensäure mit derselben in hinreichend hoher Temperatur. Eisenoxyd wird davon reducirt und dann gekohlt; Bleioxyd, Kupferoxyd und Zinnsäure reduciren sich leicht, die höheren Oxyde des Mangans nur zu Oxydul. Das Gas ist auch das reducirende Agens beim Erhitzen mancher Oxyde (Nickeloxyd) für sich in porösen Thontiegeln. Da Metalloxyde durch Kohlenoxydgas reducirt und manche Metalle durch Kohlensäure oxydirt werden, so kann sich ein Gemenge von Kohlensäure und Kohlenoxydgas in der Hitze sowohl gegen Metalle, als Metalloxyde indifferent verhalten. Während z. B. die Oxyde des Nickels und Kobaltes durch ein solches Gemenge reducirt werden, so giebt glühendes Eisenoxyd darin Oxyduloxyd, glühendes Eisen wird nicht verändert, desgleichen nicht Zink und Zinkoxyd bei einem gewissen Verhältniss der Gase. Gemenge von Kohlensäure und Kohlenoxyd zu gleichem Volum oder dem Gewichte nach $\frac{CO_2}{CO} = 1.581$ reduciren Eisenoxyd nach Debray nur zu Oxydul, und es entsteht erst metallisches Eisen bei einem Verhältniss von 0.80—0.70, in

---

1) B. u. h. Ztg. 1875, S. 136. 2) Verwandtschaft des O zu CO u. H in Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1877, S. 1626. 3) B. u. h. Ztg. 1871, S. 442; 1872, S. 212. Gruner-Kupelwieser, Abhandl. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 179. 4) Bell-Tunner, Entwicklung der Wärme in Eisenhohöfen 1870, S. 102.

Eisenhohöfen selbst bei 0,50. Noch schwieriger zu reduciren ist Zinkoxyd, leichter schwer oxydirbare Metalle, wie Kupfer, Wismuth u. s. w.

d) Gasförmige Kohlenwasserstoffe und Wasserstoffgas. Das leichte Kohlenwasserstoffgas verwandelt Kobalt-, Kupfer-, Nickel- und Wismuthoxyd unter Bildung von Kohlensäure und Wasser in Metalle, Eisenoxyd in Oxydoxydul und Manganoxyduloxyd in Manganoxydul ohne Kohlensäureentwicklung, während Zink- und Zinnoxyd davon in mässiger Hitze gar nicht reducirt werden. Wegen Bildung von oxydirender Kohlensäure und namentlich Wasserdampf kann Eisenoxyd selbst bei einem grossen Ueberschuss von Kohlenwasserstoff (oder Wasserstoff) nicht vollständiger als durch Kohlenoxydgas reducirt werden. Schweres Kohlenwasserstoffgas verhält sich ähnlich, scheidet nur Kohlenstoff ab und kann Kohlenmetalle erzeugen (Eisen, Mangan). Freies Wasserstoffgas (z. B. durch Einwirkung glühender Kohlen auf feuchte Gebläseluft entstanden) tritt nur selten als Reductionsmittel auf.

e) Cyangas und Cyankaliumdämpfe. Kohlenstoff und Stickstoff vereinigen sich direct nur bei sehr hoher Temperatur, dagegen in niedrigerer Temperatur bei Gegenwart starker Basen (Alkalien der Brennmaterialasche, Kalk). Diese Substanzen sind äusserst kräftige Zerlegungsmittel sowohl für Oxyde als Schwefelmetalle und es ist die Reduction durch Ofengase die Folge einer Gesammtwirkung ihres Gehaltes an Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffgas und Cyanverbindungen.

f) Andere, zum Sauerstoff verwandtere Metalle. Eisen reducirt Kupfer- und Bleioxyd [1]), Zinkoxyd und Kieselsäure; Mangan reducirt Eisenoxyd aus überblasenem Bessemermetall und Mangan oder Kupfermangan Oxyde aus Gaarkupfer und kupferhaltigen Legirungen (Bronce, Messing u. s. w.) [2]); Zinkdämpfe [3]) sind kräftige Reductionsmittel.

g) Metalloide. Schwefel tritt bei manchen Hüttenprocessen als Reductionsmittel auf (Blei- und Kupfer-Flammofenprocesse, Zerlegung von Kupfersilicaten durch Schwefeleisen und Schwefelzink), desgl. Antimon für Kupferoxyd; Silicium beim Bessemern für Eisenoxyd und Kohlenoxyd; Arsen für Nickel- und Kobaltoxyd; Phosphor [4]) reducirt aus Gaarkupfer und Bronce resp. Kupferoxydul und Zinnoxyd.

Bei Hüttenprocessen kommt es entweder auf völlige Umwandlung (Reduction) eines Oxydes in Metall an (Glätte, Nickeloxyd) oder nur auf eine theilweise Entziehung von Sauerstoff (Desoxydation, z. B. von Eisenoxyd zu Oxydul bei Kupfer- und Bleihüttenprocessen). Die Trennung leichter und schwerer reducirbarer Metalloxyde geschieht häufig durch Erhitzen mit Kohle bei einer gewissen niedrigen Temperatur, bei welcher erstere in Metall übergehen, letztere aber unverändert oder auf eine niedrigere Oxydationsstufe übergeführt verschlackt werden (Blei- und Eisenoxyd bei kiesigem Bleiglanz, Kupfer- und Eisenoxyd bei Kupferkies, Nickelgewinnung). Bei den Reductionen spielen neben der Temperatur noch Massenwirkungen und Spannung von Dämpfen u. s. w. eine Rolle (Verhalten von Eisen zu Wasserdampf und von Eisenoxyd zu Wasserstoff [5]), von Zink [6]) gegen Kohlensäure und von Zinkoxyd gegen Kohlenoxydgas).

6. Schwefelmetalle. [7]) Dieselben, Leche oder Steine genannt, entstehen als Zwischenproducte beim Verschmelzen schwefelhaltiger Erze (Bleiglanz, Kupferkies) oder schwefelfreier Erze und Producte mit schwefelhaltigen Zuschlägen (Schwefel, Schwefelkies, Schwerspath, Gyps), bei der Reduction schwefelsaurer Salze durch Kohle oder Wasserstoff, durch Erhitzen von Schwefel mit Metallen (Cu, Fe, Ag, Hg u. s. w., nicht Au und Zn) und Metalloxyden (von Cu, Ag u. s. w.; Mn giebt Oxysulfuret), beim Glühen von Metallen oder Metalloxyden in Schwefelwasserstoff, seltener durch Einwirkung von Schwefelkohlenstoff auf Metalle (zinkische Ofenbrüche); auf nassem Wege durch Ausfällung mittelst Schwefelwasserstoffs oder eines Schwefelalkalis (Sinding's Kupferfällung, Plattner's Goldextraction, Patera's Silberfällung), Entstehung.

---

1) B. u. h. Ztg. 1857, S. 67. 2) B. u. [illegible] 1876, S. 184, 371. 3) Dingl. 172, 280. 4) B. u. h. Ztg. 1866, S. [illegible] 1876, S. 158; 1877 S. 411; 1878, S. 184. 5) Dingl. 198, 513. 6) B. u. h. [illegible] Schweder, Reactionen der Schwefelmetalle in B. u. h. Ztg. 1878, S. [illegible]

durch Reduction schwefelsaurer Salze durch organische Stoffe (künstliche Bildung von Zinkblende und Schwefeleisen in Grubenbauen).

Constitution. Die Leche sind seltener einfache Schwefelmetalle, als aus elektropositiven und elektronegativen Schwefelmetallen zusammengesetzte Verbindungen (Schwefelsalze), wohl mit isomorphen Bestandtheilen; nach Münster[1]) Gemenge aus Schwefelmetallen, regulinischen Metallen und oxydischen Verbindungen, von denen jeder der drei Hauptbestandtheile sich mechanisch wieder in verschiedene Theile trennen lässt (s. § 112).

Zersetzung. Aus den Schwefelmetallen wird beim Hüttenprocess

1) das Metall direct abgeschieden entweder durch Zuschlag eines andern Metalles (Schwefelblei, Schwefelquecksilber und Schwefelantimon durch Eisen) oder eines Metalloxydes (Schwefelblei durch Bleioxyd, Halbschwefelkupfer durch Kupferoxyd, Schwefelblei durch Alkalien und alkalische Erden) oder eines Metallsalzes (Schwefelblei durch Bleisulfat, Schwefelzink durch Zinksulfat unter Verflüchtigung von Zink) oder durch Erhitzen bei Luftzutritt oder in Wasserdampf (Schwefelgold, Schwefelsilber, Schwefelquecksilber);

2) das Schwefelmetall durch Erhitzen bei Luftzutritt (Rösten) in Oxyd übergeführt und aus diesem erst das Metall durch Reduction gewonnen (Schwefelungen des Zinkes, Kupfers, Bleies, Antimons). Sind mehrere zusammen vorkommende Schwefelmetalle auf letztere Weise in Oxyde verwandelt, so lassen sie sich häufig durch reducirende und solvirende Schmelzungen bei einer gewissen nicht zu hohen Temperatur trennen (Blei- und Eisenoxyd, Kupfer- und Eisenoxyd).

Röstverhalten bei Luftzutritt. Bei dem Rösten der Schwefelmetalle an der Luft entstehen zuerst Metalloxyde und schweflige Säure, welche letztere theilweise entweicht, theils durch Contactwirkung (in Berührung mit den gebildeten Oxyden) durch den Sauerstoff der Luft in Schwefelsäure übergeführt wird und schwefelsaures Metalloxyd erzeugt. Je nachdem letzteres mehr oder weniger geneigt ist, bei steigender Temperatur seine Schwefelsäure als Dampf (Eisenoxydsulfat) oder in schweflige Säure und Sauerstoff zersetzt (Sulfate von Kupfer-, Zink-, Silberoxyd) abzugeben, bleibt in dem Röstgute neben Metalloxyd (auch wohl Metall) mehr oder weniger schwefelsaures Salz zurück, welches beim demnächstigen reducirenden Schmelzen wieder einen Lech giebt. Ein Kohlezusatz kann die Zersetzung der schwefelsauren Salze beim Rösten begünstigen (Zinksulfat). In nachstehender Reihenfolge etwa geben die schwefelsauren Metalloxyde ihre Schwefelsäure bei steigender Temperatur ab: Silber-, Eisen-, Kupfer-, Zink-, Nickel-, Kobalt-, Mangan-, Bleisulfat.[2]) Letzteres entlässt bei Rösttemperaturen überall keine Säure, schmilzt, ohne sich zu zersetzen bei steigender Temperatur, giebt aber in sehr hohen, beim Bleihüttenprocess indes nicht vorkommenden Temperaturen, welche sich der Schmelzhitze des Eisens nähern, nach Boussingault seine Schwefelsäure vollständig ab. Nach neueren Versuchen von Tholander[3]) verlieren die Sulfate von Eisenoxydul und Kupferoxyd ihre Schwefelsäure bei guter Rothgluth, d. h. bei etwa 650° C. nach Bystrom's Hydropyrometer, Zinksulfat bei etwas höherer Temperatur, Bleisulfat bei etwa 750°, Kalksulfat verträgt ohne Zersetzung eine Temperatur, welche den Schmelzpunkt des Silbers übersteigt, bei noch höherer Temperatur zersetzt es sich aber ebenfalls; ein Eisenoxydzusatz begünstigt die Zerlegung des Kalksulfates nicht. Schwefelzink, an und für sich unschmelzbar, wird durch Zusatz von Schwefelkies schmelzbar, Schwefeleisen durch Zusatz von Schwefelalkali weniger dicht. Werden mehrere Schwefelmetalle zusammen geröstet, so kann sich obige Reihenfolge ändern, und es wirkt neben dem atmosphärischen Sauerstoff der Sauerstoff der frei gewordenen Schwefelsäure oxydirend auf noch nicht zersetzte Schwefelmetalle ein. So verwandelt sich ein Gemenge der Schwefelmetalle von Fe, Cu, Ag, Zn und Mn beim Rösten in allmälig steigender Temperatur in dieser Reihenfolge nach einander in Sulfate und dann in Oxyde, so dass bei einer gewissen Temperatur und nach einer bestimmten Zeitdauer der Röstung Fe und Cu als Oxyde, die übrigen Metalle als Sulfate vorhanden sind, von welchen sich diejenigen des Zn und Mn wieder bei höherer Temperatur zersetzen, als dasjenige des Ag. Auf dieses Verhalten sind wichtige hüttenmännische Processe basirt (Darstellung von Zinkvitriol aus schwefel-

1) B. u. h. Ztg. 1877, S. 219; 1878, S. 55. 2) Erdm. J. 102, 90. 3) v. Hauer's Oesterr. Jahrb. 1878, S. 158.

kies- und zinkblendehaltigem Bleiglanz, von Kupfervitriol aus eisenhaltigem Lech, von Silbervitriol aus Lechen, von Nickel- und Kobaltvitriol aus eisenhaltigen Lechen). Ist beim Rösten der Luftzutritt beschränkt, so können Dämpfe von Schwefel und Schwefelarsen entweichen, und es kann die schweflige Säure bereits gebildeten Metalloxyden (Kupfer-, Eisenoxyd) Sauerstoff entziehen oder sich in Schwefelsäure und Schwefel zerlegen. In beiden Fällen entstehen schwefelsaure Salze.

Schon bei gewöhnlicher Temperatur gehen feuchte Schwefelmetalle an der Luft schwieriger (Fe, Mn) oder leichter (Zn) in Oxyde über, erstere unter Ausscheidung von Schwefel, letztere unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff.[1])

3) Rösten mit Wasserdampf. Beim Rösten von Schwefelmetallen mit Wasserdampf[2]) treten verschiedene Reactionen ein, je nachdem folgende Umstände vorhanden:

a) Bei Luftabschluss setzen sich Schwefelmetall und Wasserdampf in Schwefelwasserstoff und Metalloxyd um, welches letztere an noch unzersetztes Schwefelmetall Sauerstoff abgebend, schweflige Säure erzeugt; diese zerlegt sich mit Schwefelwasserstoff zu Wasser und Schwefel, welcher dampfförmig entweicht. Im Grossen lässt sich kaum der Luftzutritt abhalten, in Folge dessen dann die nachstehende Reaction stattfindet.

b) Bei Luftzutritt entstehen neben Schwefelwasserstoff auch schweflige Säure und schwefelsaure Salze, welche sich bei steigender Rösttemperatur entweder zerlegen lassen (Eisen- und Kupfersulfat) oder der Zerlegung mehr oder weniger widerstehen (Sulfate von Zink, Blei, Kalk).

c) Bei Anwesenheit von Kohle (z. B. beim Rösten von Kohleneisenstein oder mit Brennmaterial geschichteten, Schwefelkies enthaltenden Eisenerzen) zerlegt sich der Wasserdampf mit derselben in Kohlenoxydgas und Wasserstoffgas, welches erstere gar nicht auf die Schwefelmetalle wirkt, während letzteres denselben ihren Schwefelgehalt nur langsam entzieht.

Wie Versuche im Kleinen und Grossen meist ergaben, wirkt der Wasserdampf weniger kräftig und langsamer beim Rösten, als atmosphärische Luft und veranlasst mehr Kosten für Herstellung und besondere Apparate, weshalb man selten Anwendung davon macht. Nur bei Arsenmetallen[3]) namentlich silberhaltigen soll derselbe sich vortheilhaft ohne Luftzutritt bewähren, indem die gebildete arsenige Säure durch den überschüssigen Wasserdampf mitgerissen wird und bei einer Condensation desselben der entstandene silberhaltige Flugstaub sich vollständiger niederschlagen lässt, als in trockenen Condensationskammern. Auch wird die Verstäubung von Erztheilchen vermindert. Enthalten aber die Erze gleichzeitig Schwefel (z. B. Fahlerze), so lässt sich wegen Bildung von Schwefelarsen nur bei einem grossen Ueberschuss von Schwefel das Arsen völlig austreiben.[4]) Patera[5]) fand eine chlorirende Röstung mit Wasserdampf besonders wirksam für die Entfernung von Arsen und die Chloration von Silber. Die Austreibung von Kohlensäure wird durch Wasserdampf begünstigt. Brunfaut[6]) will durch abwechselnde Einwirkung von Wasserdampf und Luft eine vollständige Entschwefelung herbeiführen, und neuerdings haben die Anwendung von Wasserdampf Krasinski und Wissocq[7]) zur Sulfatbildung, Rivot[8]) zur Abscheidung von Silber aus Schwefelsilber und von Gold aus Kiesen behuf der Amalgamation für amerikanische Erze, sowie Hinterhuber[9]) für Zinkblende empfohlen.

Bei Eisenerzen ist es zur Entfernung eines Schwefelgehaltes aus Schwefelmetallen wirksamer, statt mit Wasserdampf zu rösten, die in gewöhnlicher Weise abgerösteten Erze noch heiss mit Wasser zu bespritzen und sie auszulaugen.

4) Erhitzen bei Luftabschluss. Die Schwefelmetalle werden entweder unter Verflüchtigung von Schwefel in Metalle verwandelt (Au, Pt), oder sie geben nur einen Theil Schwefel ab (höhere Schwefelungsstufen von Fe, Cu, Sn, auch Einfachschwefelblei) oder sie bleiben unzersetzt, indem sie den festen Aggregatzustand beibehalten (Ag, Zn, Einfachschwefeleisen) oder sich verflüchtigen und zwar direct (As, Hg) oder nachdem sie zuvor geschmolzen (Sb). Wirken beim Erhitzen Kohle, Kohlenoxyd oder Kohlenwasserstoff ein, so findet entweder gar keine (Fe,

1) Dingl. 197, 335. 2) Plattner's Röstprocesse S. 238. Kerl, Met. 1, 26, 405; 3, 130. Americ. Journ. of Mining 1868, Vol. 5, No. 11 p. 169; No. 13 p. 201. Percy-Wedding's Eisenhüttenkunde 2, 413, 492. Samml. v. Zeichnungen f. d. Verein Hütte 1861 No. 5. Erdm. J. f. ök. u. techn. Chem. 11, 348. 3) B. u. h. Ztg. 1853, S. 561, 580; 1855, S. 82, 131. Preuss. Ztschr. 10, 169. 4) B. u. h. Ztg. 1863, S. 303. 5) B. u. h. Ztg. 1861, S. 60. 6) B. u. h. Ztg. 1861, S. 446. 7) B. u. h. Ztg. 1869, S. 331. 8) B. u. h. Ztg. 1869, S 219; 1871, S. 276. Ann. d. min. 1870, Bd. 18, p. 1. 9) Kärnthn. Ztschr. 1871, S. 172.

Pb, Cu) oder nur eine unvollständige Zerlegung der Schwefelmetalle durch Schwefelkohlenstoffbildung statt (Entstehung zinkischer Ofenbrüche). Wasserstoff reducirt manche Schwefelmetalle unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff (Ag, Bi, Sn, Sb).

5) Zersetzen durch Säuren und Chlor. Diese zerlegen die meisten Schwefelmetalle und Schwefelsalze auf trockenem und auf nassem Wege. Die Wirkung der Salzsäure kann durch einen Zusatz von Eisenpulver (Schwefel- und Kupferkies) oder Zink (Bleiglanz) begünstigt werden. [1])

Entstehung.

7. Arsen- und Antimonmetalle. Dieselben entstehen als sogenannte Speisen entweder als meist ungern gesehene Zwischenproducte beim Verhütten antimon- und arsenhaltiger Geschicke durch blosses Zusammenschmelzen derselben oder durch Reduction aus antimon- und arsensauren Salzen (Kupfer-, Blei- und Silbererze) oder sie werden absichtlich durch arsenhaltige Zuschläge (Arsenkies, arsenige Säure, Fliegenstein) erzeugt (Nickel- und Kobaltgewinnung, Nickeloxydul und Arsenkobalt geben Arsennickel und Kobaltoxydul). Von den Lechen unterscheiden sie sich hauptsächlich durch grösseres specifisches Gewicht, weissere Farbe und stärkeren Glanz, grössere Härte und grössere Sprödigkeit.

Eigenschaften.

Zersetzung der Arsenmetalle.

Die Arsenmetalle können beim Erhitzen unter Luftabschluss Arsen abgeben, wenn sie auf einer höheren Arsenicirungsstufe über $^1/_4$ Arsenmetall stehen (Arsenverbindungen von Fe, Ni, Co); beim Rösten geben sie unter Entwicklung von arseniger Säure (auch Arsensuboxyd) neben Metalloxyden hauptsächlich basisch arsensaure Salze, welche in der Glühhitze meist beständig sind, bei Zusatz von kohlenstoffhaltigen Substanzen und Luftabschluss (reducirende Röstung) aber mehr oder weniger leicht in Oxyde oder Arsenmetalle übergehen. Aus letzteren werden bei Luftzutritt unter Entwicklung von arseniger Säure wieder arsensaure Salze gebildet. Das wirksamste Mittel zur Zerlegung der Arsenmetalle ist demnach ein wiederholtes oxydirendes und reducirendes Rösten. Am leichtesten zersetzt sich auf diese Weise arsensaures Eisenoxyd, etwas weniger leicht arsensaures Kupferoxyd und noch schwieriger arsensaures Nickel- und Kobaltoxydul. Manche arsensaure Salze werden durch beim Rösten von Schwefelmetallen oder aus zugeschlagenen schwefelsauren Salzen, wie Eisenvitriol, entstandene dampfförmige Schwefelsäure zerlegt (arsensaures Silberoxyd), sowie auch durch reducirend wirkende niedrigere Oxydationsstufen (Eisenoxydul). Schwefelarsenmetalle entlassen beim Erhitzen an der Luft schweflige und arsenige Säure, zuweilen auch Schwefelarsen (Arsenkies) und es kann ein Gemenge von Metalloxyd, arsen- und schwefelsaurem Salz (Arsenkies) oder nur arsensaures Salz (Rothgiltigerz) zurückbleiben. — Chlorgas treibt aus Arsenmetallen flüchtiges Chlorarsen aus (Rösten arsenhaltiger Kupfererze mit Kochsalz) und Schwefel trägt zur Verflüchtigung des Arsens als Schwefelarsen bei (Schmelzen von Enargit, Zusatz von Schwefelkies zu arsenhaltigen Kupfererzen beim Rösten und Schmelzen). Wasserdampf wirkt in ähnlicher Weise wie auf Schwefelmetalle ein. — Beim Glühen mit Kohle unter Luftabschluss gehen höhere Arsenverbindungen unter Arsenverlust in niedrigere über, welche zuweilen eine constante Zusammensetzung besitzen (Ni_2As, Co_2As, Cu_3As). — Auf theilweise nassem Wege (z. B. bei der Nickel- und Kobaltgewinnung) entfernt man Arsenmetalle durch Rösten, Glühen des Rückstandes mit Salpeter und kohlensauren Alkalien und Auslaugen des arsensauren Alkalis oder durch Schmelzen derselben mit Alkalien und Schwefel und Auslaugen des entstandenen Schwefelsalzes oder durch Fällen einer Eisenoxyd und Arsensäure enthaltenden Lösung durch Soda, Kalk u. s. w. als arsensaures Eisenoxyd.

Zersetzung der Antimonmetalle.

Antimonmetalle verhalten sich im Allgemeinen wie Arsenmetalle, nur finden die angegebenen Zersetzungen namentlich der antimonsauren Salze schwieriger und unvollständiger statt. Durch andere Metalle, z. B. Fe, können Arsen- und Antimonmetalle in der Schmelzhitze zerlegt werden (S. 18). Antimon giebt mit Pb nutzbare Verbindungen (Hartblei, Letternmetall), macht aber, selbst in geringen Mengen,

1) Dingl. 136, 340.

viele andere Metalle weniger dehnbar (Au, Ag, Cu, Ni u. s. w.) und lässt sich davon nur durch kräftige Oxydationsprocesse oder oxydirende Zuschläge (von Kupfer durch Bleioxyd) trennen.

8. Kohlenstoffmetalle. Hierher gehören hauptsächlich nur die verschiedenen Kohlungsstufen des Eisens (Stabeisen, Stahl und Roheisen), durch Einwirkung von festem Kohlenstoff, Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoff und Cyanverbindungen [1]) auf Eisen in erhöhter Temperatur darzustellen, ferner die Verbindungen von Eisen und Mangan mit Kohlenstoff (Ferromangan). [2]) Nickel [3]) kann nach Gard 2 % Kohlenstoff aufnehmen. Von untergeordneter Bedeutung sind Kohlenstoffverbindungen von Pt, Ir, Ag. Entstehung.

Die Zerlegung der Carburete des Eisens geschieht durch den Sauerstoff der Luft oder Sauerstoff abgebende Substanzen (Eisenoxyd, Eisenoxyduloxyd, gaare Eisenfrischschlacken, Zinkoxyd, Wasserdampf, Braunstein, Salpeter u. s. w.). Zersetzung.

9. Phosphormetalle. Beim Verschmelzen Phosphorsäure enthaltender Eisen- [4]) und Kupfererze entstehen meist unerwünschte spröde, mehr oder weniger leichtflüssige Verbindungen (über 12 % hinaus nimmt die Schmelzbarkeit wieder ab), welche entweder ohne Weiteres nutzbar sind (Giessereiroheisen) oder zuvor von Phosphor gereinigt werden müssen (Roheisen zur Stabeisen- und Stahlbereitung), oder auch nutzbare geschmeidige Producte (Phosphorkupfer). [5]) Mit steigendem Kohlenstoffgehalt im Stahl nimmt die Schädlichkeit des Phosphors zu (Phosphorstahl mit geringem Kohlenstoffgehalt). Entstehung.

Die Reinigung gelingt durch Erhitzen bei Luftzutritt (ausser bei Verbindung des P mit Au, Ag und Bi) meist nur unvollkommen. Zwar lässt sich im Eisencarburet der Phosphor durch Oxydationsmittel (Luft, Eisenoxyd, Salpeter) in Phosphorsäure überführen und an Basen (Eisenoxydul, Kalk, Alkalien) binden, aber es wird bei Einwirkung von Kohle ohne und namentlich mit Kieselsäure auf das phosphorsaure Salz immer wieder ein Theil Phosphor reducirt und ins Metall geführt, und zwar um so mehr, je höher die Temperatur. Namentlich basische Eisenschlacken [6]) sind zur Aufnahme und Festhaltung von Phosphor am meisten geeignet, weshalb aus phosphorhaltigen Erzen bei der directen Eisenerzeugung in Rennherden und Wolfsöfen ein minder phosphorhaltiges Eisen erfolgt, als im Hohofen. Beim Verfrischen phosphorhaltigen Roheisens wird der meiste Phosphor am Ende der Arbeit bei Vorhandensein einer basischen Schlacke abgeschieden. Weder eine mechanische Aufbereitung der Eisenerze, noch die Behandlung mit chemisch wirkenden Mitteln hat zu völlig befriedigenden Resultaten hinsichtlich der Phosphorabscheidung geführt. Als letztere hat man bei der Roheisenerzeugung sowohl als auch bei Umwandlung des Roheisens in Stabeisen und Stahl Chlormetalle [7]) (der Alkalien und alkalischen Erden, des Eisens und Mangans, Chlorkalk u. s. w.) angewandt, um flüchtigen Chlorphosphor zu bilden, sowie auch Cyanammonium, Jod [8]), Flussspath nebst Eisenoxyd und Kryolith. [9]) Am wirksamsten scheint das Verfahren von Bell [10]) zu sein, flüssiges Roheisen bei nicht zu hoher Temperatur mit Eisenoxyd im Rotirofen zu behandeln, wobei ohne merklichen Kohlenstoffverlust Phosphor und Silicium oxydirt in die Schlacke gehen, dann von dieser das gereinigte, noch flüssige Eisen in einen Puddelofen u. s. w. abzustechen. Das zum Auslaugen der phosphorsauren Salze mit Salzsäure oder schwefliger Säure empfohlene Verfahren [11]) ist nur in ganz speciellen Fällen praktisch durchführbar und hat bis- Zersetzung.

---

1) Einsatzhärtung in Deutsch. Metallindustr. Ztg. 1878, No. 19. 2) Kerl, Grundriss d. Eisenhüttenkunde, S. 15, 20, 41, 361, 366, 383, 402, 403. B. u. h. Ztg. 1865, S. 224; 1871, S. 204, 231, 232. Fresen. Ztschr. 1869, S. 116. Dingl. 177, 303; 196, 582; 197, 328; 198, 205. 3) B. u. h. Ztg. 1878, S. 200. 4) Freese, verschiedene Phosphoreisen in Pogg. Ann. 132, 225. Dingl. 230, 277. 5) Percy-Knapp's Met. 1, 275. 6) Dingl. 225, 268, 351; 230, 274 (Stead). Ver. f. Gewerbfl., Oct. 1877. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 21, 375. 7) B. u. h. Ztg. 1864, S. 231, 239; 1866, S. 396; 1868, S. 44; 1875, S. 69; 1877, S. 103. Met. 3, 48, 453, 496, 497. 8) Polyt. Centr. 1871, S. 530. 9) B. u. h. Ztg. 1864, S. 239; 1868, S. 265. Oest. Ztschr. 1871, No. 15. 10) B. u. h. Ztg. 1878, S. 341. 11) B. u. h. Ztg. 1865, S. 264; 1870, S. 376; 1876, S. 8. Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 359. Oest. Ztschr. 1865, S. 354. Dingl. 201, 245.

lang keinen allgemeinen Eingang gefunden. Mangan ist zur Entfernung des Phosphors direct nicht wirksam befunden [1]), bildet aber dünnflüssige, beim Zängen leicht abscheidbare und Phosphormetalle ($Fe_8 P$, $Fe_3 P_4$, $Fe_3 P_2$ u. s. w.) mitnehmende Schlacken. Ein gewisser Phosphorgehalt (bis 2 %) ertheilt dem Kupfer [2]) die Eigenschaft, beim Gusse nicht blasig, sondern homogen und widerstandsfähiger zu werden; bei höherem Phosphorgehalt entstehen blasige Güsse. Kupfer mit $^1/_8$ bis $^1/_2$ % P lässt sich im heissen und kalten Zustande schmieden, ziehen und walzen. Phosphorbronce ist homogener, zäher, elastischer und härter als gewöhnliche Bronce.

Entstehung.

10. Chlormetalle. Dieselben bilden sich durch Einwirkung von Chlor auf Metalle, Legirungen, Schwefel-, Antimon- und Arsenmetalle (chlorirendes Rösten), von Chlorwasserstoffsäure in flüssiger und Dampfform auf Metalloxyde und Metallsalze, von Königswasser auf Metalle, Schwefelmetalle u. s. w., von Chlormetallen auf Metallsalze (z. B. Chlornatrium auf schwefelsaure Salze). Das Verhalten der Chlormetalle in der Hitze ist S. 4 angegeben; sie lösen sich entweder in Wasser (die meisten Chlormetalle) oder sind in Wasser unlöslich ($Ag\,Cl$, $Cu_2\,Cl_2$, $Hg_2\,Cl_2$), lösen sich aber in Ammoniak ($Ag\,Cl$, $Cu_2\,Cl_2$), in Säuren ($Cu_2\,Cl_2$), in Lösungen der Chloralkalien ($Ag\,Cl$, $Cu_2\,Cl_2$) oder sind in keinem der letzteren Reagentien löslich ($Hg_2\,Cl_2$).

Zersetzung.

Die Zersetzung der Chlormetalle kann auf trockenem Wege geschehen durch blosses Erhitzen ($Au\,Cl$, $Au\,Cl_3$, $Pt\,Cl_2$, $Pt\,Cl_4$) und durch andere Metalle oder basische Substanzen ($Ag\,Cl$ durch Eisen, Quecksilber, kohlensaure Alkalien oder alkalische Erden), auf nassem Wege durch andere Metalle (Cu durch Eisen, Ag durch Kupfer) oder höher oxydirbare Metallsalze (Au durch Eisenvitriol).

Beispiele. Europäische und amerikanische Silberamalgamation, Kupfergewinnung aus chlorirten Kiesabbränden und armen Kupfererzen. Augustin'sche Silberextraction, Plattner'sche Goldgewinnungsmethode, Goldreinigung durch Auflösen in Königswasser und Fällen durch Eisenvitriol.

Entstehung.

11. Siliciummetalle. [3]) Dieselben entstehen bei sehr hohen Temperaturen durch Einwirkung von Kohle oder leicht oxydirbaren Metallen (Fe, Ni) auf kieselsaure Metalloxyde oder auf Kieselsäure.

Zersetzung.

Solche Verbindungen sind u. A. von Fe, Mn, Cu, Ni, Pt, Ag, Au, Zn, Sn, Sb, Al bekannt, meist hart und spröde; auch sind Siliciumarsenmetalle von Zn, Cu, Fe, Co und Ni beobachtet. Die hauptsächlich in Betracht kommenden Verbindungen des Eisens bedürfen einer Reinigung durch Schmelzen mit Sauerstoff abgebenden Körpern (oxydirtem Eisen, gaarer Frischschlacke, Braunstein, Salpeter u. s. w.). Silicium lässt sich auf diese Weise vollständiger aus Eisen entfernen, als Phosphor und Kohlenstoff.

Silicium, chemisch mit dem Eisen verbunden, macht dasselbe, wie amorpher Kohlenstoff, hart und spröde, mechanisch mit Graphit ausgeschieden aber mürbe, von geringer Festigkeit, es bricht leicht (ist faulbrüchig) und eignet sich deshalb weniger zu Gusswaaren; beim Frischen erleidet dasselbe bedeutenden Eisenabgang, ist aber für den Bessemerprocess sehr geeignet, indem durch frühzeitiges Verbrennen des Siliciums eine den Process sehr fördernde hohe Temperatur erzeugt wird. [4])

Siliciumeisen und Siliciumeisenmangan [5]) hat man bei der Flussstahlbereitung als Reductionsmittel verwandt für im Bessemerstahl enthaltenes oxydirtes Eisen und Kohlenoxydgas zur Vermeidung blasiger Güsse. Man erzeugt nach Hollway

---

1) Dingl. 168, 380, 230, 280. 2) Künzel, c. l., S. 44. Muspratt's Chem. 4, 225, 281. 3) Erdm. J. 91, 193. Stölzel, Metallurgie, allgem. Thl. Zustand des Siliciums im Bessemerstahl in B. u. h. Ztg. 1878, S. 252. Siliciumhaltiges Nickel in B. u. h. Ztg. 1878, S. 200. 4) B. u. h. Ztg. 1870, S. 95, 155, 216; 1871, 123. 5) Dingl. 198, 208. B. u. h. Ztg. 1874, S. 12; 1877, S. 409; 1878, S. 195, 196, 340, 390, 431.

solche Siliciumverbindungen durch inniges Mengen von Mangan- und Eisenerzen mit Kieselsäure, Bitumen und Kohle, Vercoken und dann Schmelzen. Auch geben Eisensilicat enthaltende Eisenerze ein siliciumreiches Roheisen. [1])

12. Stickstoffmetalle. Stickstoff ist nur in geringer Menge in Eisencarbureten gefunden, und die wichtige Rolle, welche man ihm früher bei der Stahlbildung zuschrieb, hat aufgehört, nachdem erkannt worden, dass der bei den Analysen gefundene Stickstoffgehalt meist von dem Eisen adhärirender Luft herrührt. **Vorkommen.**

Als Cyanmetallbilder ist der Stickstoff für die Carburirung des Eisens (Hohofenprocess, Cementstahlerzeugung, Oberflächenhärtung von Eisen) wichtig; beim Verschmelzen titanhaltiger Eisenerze entsteht Cyanstickstofftitan, $Ti_5 CN_4$, in rothen Würfeln und in hoher Temperatur flüchtig.

13. Metallsalze. Sauerstoffsalze erzeugen sich beim Erhitzen von Schwefel-, Antimon- und Arsenmetallen sowohl bei Luftzutritt in Röst- und Schmelztemperatur (Vitriolbildung, Abstrichbildung), als auch beim Glühen oder Schmelzen derselben mit Oxydationsmitteln (Chromeisenstein, Arsenmetalle, Wolfram mit Salpeter); durch Verbindung von Oxyden mit Sauerstoffsäuren auf trockenem (Schlackenbildung) und nassem Wege (gerösteter Kupferstein und oxydische Kupfererze in Schwefelsäure), durch Auflösung von Metallen in Säuren (Kupfer, Silber u. s. w. in Schwefelsäure) u. s. w. **Sauerstoff-Salze.**

Haloidsalze, namentlich Chlormetalle, entstehen durch Behandlung von Metallen mit Chlorgas (Plattner's Goldextractionsprocess, Miller's Goldraffination) oder mit Chlorationsmitteln (Cu und Ag mit Eisen- und Kupferchlorid, silberhaltiges Schwarzkupfer mit Kochsalz erhitzt) auf trockenem und nassem Wege; durch Erhitzen der Metalloxyde, Schwefel-, Antimon- und Arsenmetalle mit Chloriden, namentlich Chlornatrium, wobei durch die vereinigte Wirkung von gebildetem Chlorgas, salzsaurem Gas und dampfförmigen Chloriden Chlormetalle entstehen (chlorirendes Rösten, Wirkung des Schafhäutl'schen Pulvers); durch Auflösung von Metallen und Metalloxyden in Wasserstoffsäuren, namentlich in Salzsäure (Nickel- und Kobaltgewinnung), auch in Königswasser (Gold, Platin); durch Fällung gelöster Metalle mit Chloriden (Chlorsilber und Chlorblei durch Kochsalz aus salpetersaurer Lösung). Manche Oxyde lösen sich nach dem Glühen nur schwierig in Säuren auf, so namentlich Eisenoxyd, etwas leichter Nickel- und Kobaltoxyd und am leichtesten Kupferoxyd, welches Verhalten bei der Kobalt- und Nickelgewinnung im Grossen benutzt wird; Zinkoxyd, wenn eisenhaltig, löst sich schwierig, dagegen leichter bei Zusatz von etwas metallischem Zink oder Eisen. Geglühtes Eisenoxyd löst sich am leichtesten in einem Gemisch von 8 Gew.-Thl. Schwefelsäure und 3 Theilen Wasser. [2]) **Haloidsalze.**

Die Zersetzung der Metallsalze [3]) kann geschehen: durch Glühen für sich, wobei sie entweder in Metalle (die Chloride von Au und Pt, Silbervitriol) oder in Oxyde (Eisen- und Kupfervitriol) übergehen, während andere dabei sich nicht oder nur in sehr hohen Temperaturen zersetzen (schwefelsaures Bleioxyd, Chlorsilber, antimon- und arsensaure Salze); durch Erhitzen mit Kohle unter Umwandlung in Schwefelmetalle, welche dabei noch unzersetztes Metallsalz zerlegen können (Schwefelblei); durch Erhitzen mit Schwefelmetallen (S. 18); durch Erhitzen mit alkalischen und **Zersetzung.**

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 365. 2) B. u. h. Ztg. 1861, S. 364. Oest. Ztschr. 1857, No. 36.
3) Verhalten von Bleisilicat und Bleisulfat in B. u. h. Ztg. 1871, S. 78; Verhalten der Sulfate zu Reductionsmitteln in B. u. h. Ztg. 1878, S 395.

erdigen Zuschlägen ohne (Chlorsilber) oder mit Kohle und Entschweflungsmitteln (Bleiglanz mit Potasche, Mehl und Eisen); durch Erhitzen in Wasserdampf, wobei entweder Oxyde oder basische Chloride (Fe, Mn, Zn, Ni, Co, Cu, Sb, Bi) oder bei Anwesenheit von Kohle Metalle entstehen (Chlorsilber, Quecksilberchlorür); durch ein anderes zum Chlor verwandteres Metall (Chloraluminium durch Na); ferner auf nassem Wege durch ein anderes Metall (Ag Cl durch Hg) oder mittelst galvanischer Elektricität (S. 2), sowie durch Reductionsmittel (Au durch schweflige Säure, Oxalsäure, Eisenvitriol, Phosphor) u. s. w.

---

2. Abschnitt.

Hüttenprocesse.

Wesen der Processe.

14. Allgemeines. Unter Hüttenprocessen[1]) versteht man die seltener auf physikalische (Glühen, Tempern, Schweissen), als auf chemische Grundsätze basirten Operationen im Grossen zur Ausscheidung von Metallen oder auch Nichtmetallen (Sb, As) aus ihren natürlichen und künstlichen Verbindungen. Selten lässt sich ein Metall oder Nichtmetall durch eine einzige Operation fertig herstellen (Hg durch Rösten von Zinnober, As durch Erhitzen von Arsenkies bei Luftabschluss, Bi durch Aussaigern), meist bedarfs mehrerer Operationen (z. B. Rösten und Schmelzen) oder es fallen bei seiner Darstellung noch haltige Producte (Zwischenproducte und Abfälle), die keine Handelswaare sind, sondern noch weiter auf die nutzbaren Bestandtheile chemisch oder mechanisch verarbeitet werden müssen, und zwar erfolgen im Allgemeinen um so mehr Nebenproducte, je complicirter die Erze zusammengesetzt sind (reine Kupferkiese und unreine Rammelsberger Kupfererze, reine Bleierze von Bleiberg und Tarnowitz, unreine vom Rammelsberg).

Der Umfang der hüttenmännischen Arbeiten, häufig in wiederholten Röst- und Schmelzprocessen bestehend, nimmt verhältnissmässig mit dem gemeinschaftlichen Entstehen der folgenden Producte zu: Metall und Schlacke (Darstellung von Roheisen aus Eisenerzen, von Sn aus Zinnstein, von Pb aus Glätte oder aus todtgerösteten Bleierzen); Metall, Stein und Schlacke (Zerlegung von Bleiglanz durch Eisen, Verschmelzen stark gerösteten Kupferkieses auf Schwarzkupfer, Kupferstein und Schlacke); Metall, Speise, Stein und Schlacke (Zerlegung arsenhaltiger Bleiglanze durch Eisen).

Die Abscheidung der Metalle aus den Erzen u. s. w. auf chemischem Wege wird durch einen passenden Aggregatzustand derselben begünstigt. Der feste ist im Allgemeinen wenig geeignet zur Lieferung fertiger Metalle und kommt deshalb gewöhnlich nur bei Vorarbeiten (Rösten, Cementiren) zur Geltung. Weit geeigneter ist der durch Wärme oder Flüssigkeiten hervorgebrachte tropfbarflüssige Aggregatzustand, nicht minder der gasförmige, welcher aber der damit verbundenen Metallverluste durch Verflüchtigung und des Erfordernisses complicirter Apparate wegen ohne Noth nicht angewendet wird

---

1) Wright, Schemata zur Metallgewinnung in Iron 1877, No. 210.

(Destillations- und Sublimationsprocesse). Man classificirt die Hüttenprocesse, je nachdem sie erfordern

Classification.

a) ein Erhitzen der Substanzen (trockene oder pyrometallurgische Hüttenprocesse), wobei dieselben seltener fest bleiben (Rösten, Cementiren, Glühen), als flüssig (Schmelzen, Saigern und Krystallisiren) oder dampfförmig werden (Sublimiren und Destilliren) oder Producte in diesen verschiedenen Aggregatzuständen liefern; oder

b) eine Behandlung auf nassem Wege, mit Flüssigkeiten (nasse oder hydrometallurgische Processe), wie Amalgamiren, Solviren, Präcipitiren, elektrometallurgische Processe;

c) eine Behandlung auf trockenem und nassem Wege (gemischte Processe), z. B. bei der Scheidung der auf trockenem Wege erhaltenen Legirungen von Au und Ag, von Cu und Ag.

Bei Auswahl eines Hüttenprocesses kommen besonders in Rücksicht die Eigenschaften des darzustellenden Metalles, die Beschaffenheit des Erzes, namentlich Anwesenheit gewisser Verunreinigungen darin, locale Arbeitslöhne und Materialpreise, und stützt man ein neu einzuführendes Verfahren entweder auf ein mit gleichen Materialien bereits anderwärts ausgeführtes oder auf vorherige Versuche im kleinen oder grösseren Massstabe.

Der Werth eines Hüttenprocesses[1]) wird beurtheilt nach den Selbstkosten und der Qualität der ausgebrachten Metalle. Ausserdem sind von wesentlichem Einflusse die dabei entstehenden Metallverluste[2]), theils auf mechanischem Wege (durch Verstäuben, beim Transport, durch Einhüllung metallhaltiger Theile in den Abgängen), theils auf chemischem Wege (durch einen Rückhalt in den Abfällen oder Handelsproducten), theils durch Verflüchtigung.

Metallverluste.

Der Controle dieser Verluste, deren Grösse den Werth des Hüttenprocesses mit bedingt, stellen sich oft grosse Hindernisse entgegen, welche begründet sein können hauptsächlich in den vorhandenen Remedien bei der Erzübernahme, in der Schwierigkeit des sicheren Probenehmens namentlich bei ungleichmässig zusammengesetzten Erzen und Producten, in der Unsicherheit der hüttenmännischen Proben selbst und in den Schwankungen, welche beim Messen statt Wägens der Materialien und Producte eintreten.

Die chemischen Processe müssen häufig durch mechanische Operationen unterstützt werden, welche entweder Vorbereitungsprocesse (Zerkleinerungs-, Trennungs-, Mengungsprocesse), Hülfsprocesse (zur Erzeugung kalter oder erhitzter Gebläseluft) oder Vollend-, Formgebungs- und Verfeinerungsprocesse sein können (Herstellung von Eisenstäben durch Zängen, Schmieden, Walzen u. s. w., Darstellung von Blech, Draht, Eisenröhren, Giesserei u. A.). Die letzteren Processe gehören zum grossen Theile ins Gebiet der mechanischen Technologie und werden im Grundrisse der Eisenhüttenkunde näher betrachtet.

Mechan. Operationen.

---

1) Gruner-Kupelwieser, Abh. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 18, 21. Graphische Darstellung zur Führung des Betriebsbuches in Dingl. 227, 459. 2) Met. 1, 88.

1. Capitel. **Trockene Processe.**

A. Processe unter Schmelzhitze ausgeführt.

Zweck. **15. Wärmprocesse. (Glühen, Tempern, Anlassen, Schweissen.)** Diese Processe [1]), physikalischer Natur, bestehen in einem Erhitzen des im Aggregatzustande sich nicht ändernden Gegenstandes bei Luftzutritt, bei Luftabschluss oder in einer Hülle von schlechten Wärmeleitern behuf Aenderung des Molekularzustandes. Durch die ausdehnende Kraft der Wärme werden die Moleküle in veränderte Lage gebracht, worauf sie sich in der Hitze (Schweissen, S. 11) oder nach der Abkühlung leichter in eine bestimmte Form bringen oder sich inniger mit einander vereinigen lassen. Durch plötzliches Abkühlen geglühter Metalle kann Härtung (Stahl) oder Verdichtung (Flussstahl zu Terrenoire) eintreten.

Beispiele. Glühen von Blech, Tempern von Gusseisen, Anlassen von Stahl, Schweissen von Stabeisen, wobei Gase in das Metall eindringen können (S. 10).

Zweck. **16. Cementiren, Adouciren** (oxydirendes Cementiren, Entkohlung), **Braten.** Feste Gegenstände werden in einer Hülle von pulverförmigen Substanzen geglüht, welche in der Weise eine chemische Einwirkung ausüben, dass ersteren entweder ein Bestandtheil hinzugefügt (Cementstahl) [2]) oder ein solcher entnommen wird (cementirtes güldisches Silber) [3]), so dass ein Körper von veränderten chemischen Eigenschaften entsteht. Das Entkohlen von Gusseisen durch Glühen mit Sauerstoff abgebenden Substanzen zur Erzielung stahl- oder eisenähnlicher Producte (hämmerbares, schmiedbares oder adoucirtes Gusseisen, Glühstahl) nennt man Adouciren. [4]) Schon durch blosses Glühen von Roheisen an der Luft kann eine Entkohlung eintreten (Darstellung von Glühstahl, Vorbereitung des Roheisens zum Frischen durch Glühen oder Braten im Gebläseluftstrom). Zuweilen bezweckt das Glühen mit Kohle eine Reduction von Oxyden (Darstellung von Würfelnickel).

Beispiele. Glühen von Stabeisen in Holzkohlenpulver (Cementirpulver) oder in Kohlenstoff abgebenden Substanzen (Leuchtgas, Petroleum- u. Theerdämpfen u. s. w.) bei Kupferschmelzhitze, wobei dasselbe aus eindringenden Gasen und Dämpfen (hauptsächlich Cyanalkalien und Kohlenwasserstoffgas, weniger Kohlenoxyd) oder auch direct festen Kohlenstoff (z. B. aus Graphit) bei einer Wanderung der Atome aufnimmt (Cementstahldarstellung, Einsatzhärtung) [5]); nach Boussingault cementirt sich auch Nickel, ohne jedoch Härte und Elasticität anzunehmen. Erhitzen von weissem Roheisen in Sauerstoff abgebenden Substanzen (Braunstein, Eisen- oder Zinkoxyd) behuf Darstellung von hämmerbarem Gusseisen oder Glühstahl; Glühen von silberhaltigem Gold mit Chlor abgebenden Cementirpulvern (Kochsalz und Eisenvitriol oder Alaun), wobei sich an der Oberfläche des Gegenstandes leicht zu entfernendes Chlorsilber bildet und dieselbe goldgelb erscheint.

Begriff. **17. Brennen und Rösten.** [6]) Dasselbe besteht in dem Erhitzen eines Körpers bis zu einer die Schmelzhitze nicht erreichenden, aber doch so hohen Temperatur, dass derselbe entweder durch Einfluss der

1) Kerl, Grundr. d. Eisenh. 1875. B. u. h. Ztg. 1878, S. 431 (Terrenoire). 2) Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 394. Dingl. 216, 420; 227, 306. 3) Kerl, Metallhüttenkunde, S. 319. 4) Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 272. B. u. h. Ztg. 1877, S. 236. 5) Deutsche Metall-Industr.-Ztg. 1878, No. 19. 6) Plattner, die metallurgischen Röstprocesse, Freiberg 1856. Dussauce, Rösten schwefelhaltiger Erze, in American Journ. of Mining 1868, Vol. VI. S. 233, 249. Küstel, G. Roasting of Gold and Silver Ores. London.

Wärme allein sich auflockert oder flüchtige Bestandtheile (Kohlensäure, Wasser, Kohlenwasserstoffe, Schwefel, Schwefelarsen) verliert, oder durch die chemische Wirkung gasförmiger (Luft, Chlorgas), dampfförmiger (Wasserdampf, Chloride) oder fester Substanzen (Kohle, Kalk, Sulfate) verändert wird.

Zweck.

Diese Processe dienen seltener zur directen Abscheidung der Metalle aus ihren Verbindungen (Rösten von geschwefeltem Quecksilber, Silber, Gold und Platin bei Luftzutritt), als zur Umwandlung der letzteren in eine für die Metallausscheidung geeignete Form (Oxyd, Chlorid, Salz) für nachfolgende Processe.

Methoden.

Es lassen sich nachstehende Methoden unterscheiden:

Brennen.

A) Brennen (Erhitzen in einer neutralen, weder oxydirenden, noch reducirenden Atmosphäre). Man nennt die Processe, bei welchen durch die Wärme eine Auflockerung oder ein Austreiben flüchtiger Bestandtheile stattfindet, zum Unterschiede von Rösten, wobei eine oxydirende, reducirende u. s. w. Wirkung eintritt, ein Brennen. Beide Processe können vereinigt vorkommen (Erhitzen von Spatheisenstein). Zuweilen sind die Röstprocesse mit Sublimationsprocessen (Arsenkies) und Destillationsprocessen (Zinnober) verbunden.

a) Ohne Verflüchtigung, blosses Mürbebrennen (Rotheisenstein, Eisenglanz, Zinnzwitter).

Bei zu hoher Rösttemperatur geht nach Tholander [1]) Eisenoxyd in leichter verschlackbares Oxydul über, weshalb man in Schweden neuerdings die Röstung der Hämatite aufgegeben hat, ausgenommen den Fall, wo sie zur Austreibung von Schwefel oder zur Erleichterung der Zerkleinerung der Erze erforderlich ist. Bei Anwesenheit von Kalk entsteht bei einer Temperatur, welche diejenige des Silberschmelzpunktes übersteigt, Eisenoxyd-Kalk, weniger leicht reducirbar als reines Eisenoxyd.

b) Mit Verflüchtigung von Stoffen. Hydratwasser aus Brauneisenerzen und die Erze begleitenden wasserhaltigen Beimengungen; Kohlensäure aus Spath-, Thon- und Kohleneisenstein, auch aus Galmei; Kohlenwasserstoffe aus Kohleneisensteinen; Schwefel und Arsen aus höheren Schwefelungs- und Arsenicirungsstufen; Schwefelarsen aus Arsenkies. Die entweichende Kohlensäure kann eine Oxydation (z. B. von Eisenoxydul in Spath-, Thon- und Kohleneisenstein in Oxyduloxyd) herbeiführen [2]), wirkt aber weniger kräftig oxydirend als die atmosphärische Luft.

Rösten.

B) Rösten (Erhitzen in einer oxydirenden, reducirenden oder chlorirenden Atmosphäre).

1) Oxydirendes Rösten.

a) Ohne Verflüchtigung. Sehr allmälige Umwandlung des Magneteisensteins in Eisenoxyd.

Bei zu hoher Temperatur kann das gebildete Eisenoxyd in Oxydul übergehen, sich aber wieder regeneriren in den mässigeren Temperaturen des Abkühlungsraumes. Manganoxydul geht beim Rösten in Sesquioxyd über.

b) Mit Verflüchtigung. Schwefel-, Antimon- und Arsenmetalle (S. 17, 20) mit Luft, Wasserdampf oder seltener festen Zuschlägen (Salpeter, Eisenvitriol) geröstet, geben schweflige, antimonige und

---

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 55. 2) Allgem. B. u. h. Ztg. 1860, S. 9.

arsenige Säure neben schwefel-, antimon- und arsensauren Salzen, welche bei steigender Temperatur ihre Säure mehr oder weniger leicht fahren lassen (Blei-, Kupfer-, Silber-, Nickel- und Kobalterze), Zinnober giebt Quecksilberdämpfe, — Spatheisenstein giebt unter Kohlensäureverlust Oxyduloxyd, zuletzt leichter als Magneteisenstein Oxyd; Kohleneisensteine desgleichen, indem die organischen Beimengungen verbrennen.

2) Reducirendes Rösten.

a) Ohne Verflüchtigung. Roth- und Magneteisenstein gehen mit kohlehaltigen Stoffen in Oxyduloxyd, zuletzt in metallisches Eisen über, wenn sie mit Brennstoffen geschichtet geröstet werden.

b) Mit Verflüchtigung. Spath- und Kohleneisensteine geben unter Entlassung resp. von Kohlensäure und Kohlenwasserstoffen Oxydoxydul und metallisches Eisen; schwefel-, antimon- und arsensaure Salze verwandeln sich unter Entstehung von schwefliger, antimoniger und arseniger Säure in Schwefel-, Antimon- und Arsenmetalle (Fahlerze, Zinkblende, Nickel- und Kobalterze, Skumnas).

Wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, können gewisse Wirkungen der Röstung gleichzeitig vorkommen, mag man dieselbe in einer oxydirenden oder reducirenden Atmosphäre ausführen, z. B. die Austreibung von schwefliger Säure und Kohlenwasserstoffen, sowie eine blosse Oxydation.

3) Chlorirendes Rösten mit Kochsalz, wobei entweder feste (Chlorsilber, Chlorkupfer) oder flüchtige Chloride (von Antimon, Arsen, Zink, Schwefel u. s. w.) sich bilden. Man vermengt die Substanz (gewöhnlich Schwefelmetalle, seltener Antimon- und Arsenmetalle, Oxyde und Legirungen) entweder schon im Beginn der Röstung mit Kochsalz oder fügt dasselbe hinzu, nachdem ein oxydirendes Rösten vorangegangen (letzteres bei an Kupfer reichen Schwefelmetallen und bei an Nickel und Kobalt reichen Arsenmetallen).

Hierbei können wirksam sein:

a) freies Chlor, dadurch erzeugt, dass aus Schwefelmetallen durch oxydirendes Rösten gebildete oder in Gestalt von calcinirtem Eisenvitriol zugesetzte schwefelsaure Salze wasserfreie Schwefelsäure entlassen und diese einestheils unter Entwicklung von schwefliger Säure erst das Natrium des Chlornatriums oxydirt, anderntheils dann schwefelsaures Natron bildet und Chlor frei wird. Dieses verwandelt zum geringen Theil Metalloxyde, dagegen leicht regulinische Metalle und Schwefel-, Antimon- und Arsenmetalle in Chlorverbindungen, welche zum Theil flüchtig sind.

b) Chlorwasserstoffsäure, welche dadurch entsteht, dass Chlor Wasserstoffverbindungen (Wasserdämpfen und Kohlenwasserstoffgasen aus dem Brennmaterial) Wasserstoff entzieht oder flüchtige Chloride mit Wasser sich in Salzsäure und Oxyde oder in ein basisches Chlormetall umsetzen. Patera wendet beim chlorirenden Rösten arsenhaltiger Silbererze absichtlich Wasserdampf an (S. 19). Die dampfförmige Chlorwasserstoffsäure verwandelt hauptsächlich Metalloxyde, sowie schwefel-, antimon- und arsensaure Salze in Chloride und zwar letztere unter Bildung von Chlormetall, Chlorschwefel, Chlorantimon, Chlorarsen, Wasser und Chlor, z. B. antimonsaures Silberoxyd und Salzsäure. Nach Hensgen[1]) vermag wasserfreie Salzsäure selbst bei verhältnissmässig geringem Ueberschusse und bei niedrigen Temperaturen manche Sulfate (z. B. von Cu, Alkalien) in Chloride und Schwefelsäure zu zersetzen.

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1876, S. 1671; 1878, S. 1775, 1778.

c) Flüchtige Chloride, auf die sub a und b angegebene Weise oder durch Umsetzen von schwefel-, weniger von antimon- und arsensauren Salzen mit Kochsalz entstehend. Dieselben geben (hauptsächlich Eisen- und Kupferchlorid, weniger die Chlorverbindungen von Nickel, Kobalt, Zink, Blei und Wismuth) Chlor ab, wenn sie unter Zutritt von Luft mit einem Metall, einem Schwefel-, Antimon- und Arsenmetall oder mit einem Metalloxydsalz zusammen kommen, dessen Metall zum Chlor eine grössere Verwandtschaft besitzt, als das bereits damit verbundene. Auch dampfförmiges Kochsalz vermag bei Luftzutritt Metalle und Schwefelmetalle, weniger oder gar nicht Arsen- und Antimonmetalle, sowie auch nicht Metalloxyde in Chlormetalle umzuwandeln (Amalgamation der Silbererze, Leche und Schwarzkupfer, Augustin's Silberextractionsprocess, Wirkung des Schafhäutl'schen Pulvers auf schwefelhaltiges Eisen, Entfernung von Antimon und Arsen aus Kupfererzen durch Kochsalzzusatz).

Wird ein Schwefelmetall (Schwefelblei, Schwefelkupfer) anfangs durch Rösten theilweise in Oxyd und Sulfat übergeführt, dann durch plötzliche Steigerung der Temperatur bis zum teigartigen Fluss eine Reaction des Oxydischen auf das Geschwefelte behuf Ausscheidung von Metallen (Blei, Kupfer) herbeigeführt, so nennt man einen solchen Process Röstschmelzen oder Roasten (Bleigewinnung in Flamm- und Herdöfen, Schwarzkupfererzeugung im Flammofen). Röstschmelzen.

Was die Auswahl der später näher zu beschreibenden Röstapparate (Herd-, Schacht-, Flamm- oder Gefässöfen) anbetrifft, so richtet sich dieselbe hauptsächlich nach der Korngrösse der Substanz (Pulver, Schlieg, Bruchstücke), nach dem erforderlichen Grade der Röstung (vollkommene oder unvollkommene Röstung), nach lokalen, namentlich ökonomischen Verhältnissen (Preise von Brennmaterial und Arbeitslöhnen) u. A. Im Allgemeinen röstet man Erze in Bruchstücken in Herd- und Schachtöfen bei unvollkommener Erreichung des Zweckes, Erze in Pulverform in Flamm- und Gefässöfen ab, wenn es auf eine möglichst vollkommene Röstung ankommt. Doch giebt es Ausnahmen hierbei. Röstapparate.

a) Herdöfen (freie und bedachte Haufen, Stadeln) sind rasch und billig herzustellen und erfordern geringere Arbeitslöhne, gestatten aber eine nur unvollständige Ausnutzung der Wärme, sowie keine vollständige Röstung bei intermittirendem Betriebe, sind von Witterungsverhältnissen abhängig und bedingen eine lange, auf die Verzinsung des in den Erzen u. s. w. angelegten Capitales ungünstig wirkende Röstzeit (Rösten von Eisenerzen, Blei- und Kupfererzen, Blei- und Kupfersteinen). Schliege legen sich zu dicht zusammen und setzen der eindringenden Luft und Wärme mehr Widerstand entgegen (Stadelröstung mit eingebundenen Kupferkiesschliegen). Höhere Schwefelmetalle in Bruchstücken entlassen bei Einwirkung der Hitze Schwefeldampf, welcher bei unvollständigem Luftzutritt theilweise auf die Oberfläche gelangt und sich hier zu flüssigem Schwefel verdichtet (Schwefelgewinnung am Unterharz, zu Agordo) oder in besondere Condensationsräume gelangt (Steyersche Stadeln). Die entwickelte schweflige Säure, sowie schwefelsaure Dämpfe entweichen gewöhnlich in die Luft und zerstören in der Umgebung die Vegetation, seltener leitet man dieselben in Canälen ab (Freiberger Stadeln). Kupfererze, Nickelerze, Kupfer- und Nickelsteine in Stücken können bei einem höheren Schwefelgehalt (Anwesenheit von viel Schwefelkies) eine Anreicherung ihres Nickel- und Kupfergehaltes nach dem Innern der Stücke zu erfahren (Kernrösten)[1]), indem bei Einwirkung der Luft auf die Oberfläche der glühenden Stücke von Aussen nach Innen unter Entwicklung von schwefliger Säure Oxyde und schwefelsaure Salze namentlich von Eisenoxyd, weniger von Nickel- und Kupferoxyd gebildet werden, während der aus dem Innern der Stücke durch die eindringende Wärme bei Mangel an Luftzutritt ausgetriebene Schwefeldampf das in der porösen Rinde gebildete Nickel- und Kupferoxyd so lange immer

1) Met. 1, 74. B. u. h. Ztg. 1858, S. 25; 1865, S. 202; 1878, S. 423. Bgwfr. 19, 253.

wieder schwefelt, als sich noch Schwefeldampf entwickelt. Die bei Zersetzung der schwefelsauren Salze entweichende dampfförmige Schwefelsäure trägt ebenfalls zur Oxydation der Schwefelmetalle bei. Das leichtschmelzige, in der porösen Hülle gebildete Schwefelnickel und Schwefelkupfer sickert in derselben nach unten und reichert so den Gehalt in der Mitte oder am Untertheil der einzelnen Stücke an (Agordo, Foldal). Schertel[1]) betrachtet die Kernröstung als eine Wirkung der Adhäsion, nicht als eine teigige Schmelzung. So zeigt z. B. ein noch in der Röstung begriffenes Kupferkiesstück (Fig. 1) folgenden Durchschnitt: *a* Eisenoxydkruste; *b* Schwefelkupfer mit wenig Schwefeleisen, dem Kupferlech ähnlich; *c* eine dem Buntkupfererz ähnliche Lage; *d* Lage vom Ansehen des Kupferkieses; *e* fast noch unveränderter Kies. Nach richtig beendigter Röstung, wenn kein Schwefeldampf mehr aus dem Innern emporsteigt, besteht dieser Kern *e* aus Schwefelkupfer mit wenig Schwefeleisen, welche dann bei noch weiter fortgesetzter Röstung schweflige Säure, Eisenoxyd und Kupferoxyd geben würden. Auch ist die Anreicherung eines Silbergehaltes[2]) in den Kernen beobachtet, wie wohl häufiger in Folge einer Verflüchtigung von Silberverbindungen die Oberfläche der Bruchstücke etwas silberreicher ist, als der Kern.[3]) Zur Wärmeentwicklung in Haufen und Stadeln dient entweder besonderes Brennmaterial (bei den meisten Eisensteinen), oder das Erz oder Product enthält brennbare Substanzen (Schwefelmetalle, Kohleneisenstein).

Fig. 1.



b) Schachtöfen lassen im Vergleich zu Herdöfen eine bessere Ausnutzung der Wärme, schnellere und continuirliche Arbeit und eine vollständigere Röstung zu, erfordern aber mehr Arbeitslöhne und sind neuerdings hauptsächlich der Brennmaterialersparung wegen und weil sie die Auffangung und Benutzung der beim Rösten von Schwefelmetallen entwickelten schwefligen Säure gestatten, vielfach an die Stelle der Rösthaufen und Stadeln getreten (Kilns und Kiesbrenner am Unter- und Oberharz, in Freiberg, im Mansfeldschen). Zur Hervorbringung der Rösttemperatur ist entweder besonderes Brennmaterial erforderlich (Eisenerze) oder der verbrennende Schwefel dient als solches (Schwefelmetalle). Ursprünglich nur zum Rösten von Erzen in Bruchstücken oder von zu Stöckeln mit Kalk, Thon, Vitriollaugen u. s. w. eingebundenen Schliegen benutzt, sind neuerdings Schachtöfen auch zum Rösten von Schliegen construirt, in welchen zwei Ströme der Körper, welche chemisch auf einander einwirken sollen, sich in feiner Vertheilung in umgekehrter Richtung durchdringen, wobei eine höchst energische Reaction stattfindet (Staubstrommethode).[4]) Man lässt entweder die pulverförmigen geschwefelten Substanzen in dem glühenden Ofenschachte, welcher ganz frei (Stetefeldt's Ofen) oder mit terrassenförmig angeordneten Querbalken (Gerstenhöfer's Ofen) oder mit schiefen Ebenen (Kerpely's und Hasenclever's alter und neuer Thurmofen) versehen ist, ohne Brennmaterialzusatz dem aufsteigenden Luftstrom entgegentreten, wobei der verbrennende Schwefel die erforderliche Röstwärme erzeugt, oder der Ofen wird von unten mit Gasen oder durch Abwärme erhitzt. Letztere Einrichtung führt zwar eine vollständigere Abröstung herbei, aber die Röstgase werden, wenn sich, wie in Stetefeldt's Ofen, denselben die Feuergase beimischen, zur Schwefelsäurefabrikation unanwendbar und können die benachbarte Vegetation verderben. Hasenclever's Ofen lässt gröberes Erzkorn zu als die Schüttöfen von Gerstenhöfer und Stetefeldt, giebt weniger Flugstaub und vollständigere Röstung (Zinkblende). Der Ofen von Whelply und Storer entspricht nicht vollständig dem Staubstromprincip, indem Brennmaterial und Erz die-

---

1) Dingl. 206, 284. 2) Oest. Ztschr. 1869, No. 10. 3) Met. 1, 91. 4) B. u. h. Ztg. 1868, S. 14.

selbe Richtung nehmen. Ausser seinem älteren und neueren Thurmofen mit geneigten Platten hat Hasenclever einen Ofen construirt, bei welchem das Erz erst einen von unten erhitzten geneigten Canal, dann einen Muffel- und zuletzt einen direct befeuerten Flammofen passirt. Als Kiesröstofen, namentlich für Schwefelsäurefabrikation, sind noch Platten- oder Etagenofen mit mehreren horizontalen Platten über einander für Feinkies in Anwendung (Oefen von Perret, Malétra, Allhusen, Spence) und werden als einfacher in der Construction und eine vollständigere Röstung zulassend dem Gerstenhöfer'schen vielfach vorgezogen; letzterer behauptet aber das Feld da, wo man es mit sinternden Erzen oder Hüttenproducten zu thun hat (z. B. bleiischen in Freiberg) und wo eine vollständige Abröstung nicht nöthig oder sogar unerwünscht ist (kupferhaltige Producte). Eine Sinterung würde in Plattenöfen sehr unbequem sein; in Schüttöfen lässt sie sich bei einiger Aufmerksamkeit auf ein Minimum beschränken. Bode hat mehrere Etagenöfen für Ringbetrieb combinirt, wobei die heissen Gase des einen Ofens durch die anderen Oefen geleitet werden können, um ihre Wärme hier abzugeben und ihren Gehalt an schwefliger Säure zu concentriren.

c) Flammöfen bedingen im Allgemeinen grössere Wärmeverluste und höhere Rösterlöhne, gestatten aber eine raschere Arbeit, als Haufen, Stadeln und Schachtöfen (nur die Staubstromöfen fördern mehr, als Flammöfen) und bei pulverförmigem Röstgut eine vollständige Abröstung, namentlich in den Fortschaufelungsöfen mit continuirlichem Betriebe, auch eine gute Controle desselben durch Probenehmen (Bleierze, Zinkblende, silberhaltige Erze und Producte bei der Amalgamation und Extraction); seltener kommen Erze u. s. w. in Stücken zur Anwendung, wenn es sich um keine vollständige Röstung handelt (Englischer Kupferflammofenprocess). Je nach der in der letzten Periode der Röstung angewandten Temperatur bleibt das Röstgut (z. B. silberhaltiger Bleiglanz) pulverförmig, frittet oder schmilzt (Staub-, Sinter- und Schlackenröstung). Gesintertes und verschlacktes Gut lässt sich bei besserem Ofengang (wegen geringerer Ofenbruchbildung und weniger leichten Versetzens der Oefen), minderer Flugstaubbildung und Bleiverflüchtigung, sowie geringeren Brennstoffaufwandes vortheilhafter im Schachtofen verschmelzen, als pulverförmiges, enthält auch weniger Schwefelsäure, indem sich dieselbe durch Kieselsäure bei höherer Temperatur im Röstofen austreiben lässt, und veranlasst dadurch einen geringeren Steinfall (Bleihüttenprocess zu Stolberg, Ems, Holzappel u. s. w.). Dagegen findet bei der zur Anwendung gebrachten höheren Rösttemperatur unter Vermehrung des Brennmaterialaufwandes und der Kosten für Ofenreparaturen ein grösserer Metallverlust (an Blei, Gold und Silber) durch Verflüchtigung statt, weshalb man gold- und silberreichere Geschicke meist einem Staub-, silberarme häufig einem Schlackenrösten unterwirft.[1]) Das Sinterrösten liegt in der Mitte zwischen beiden. Durch Vermengung der Verbrennungsproducte mit den flüchtigen Röstproducten können letztere (schweflige und arsenige Säure) weniger nutzbar werden. Durch Anwendung von Gasfeuerung lässt sich dieser Uebelstand beseitigen oder vermindern (arsenige Säure). Man unterscheidet beim Flammofenrösten gewöhnlich zwei Perioden, die anfängliche bei niedrigerer Temperatur durchgeführte (Roh-, Vorrösten, Abschwefeln), und die zweite, ein stärkeres Feuer erfordernde (Gut- oder Gaarrösten). Die in neuerer Zeit mehrfach eingeführten mechanischen Röstöfen tragen zur Ersparung an Arbeitslöhnen, auch wohl zu einer vollkommeneren Röstung und grösseren Production bei (Tellerrotiröfen von Brunton, Kuschel und Hinterhuber, Gibb und Welsthärp; Cylinderrotiröfen von Brückner, White, Rivot).

d) Gefässöfen erfordern ohne mindere Arbeitslöhne einen noch höheren Brennstoffaufwand, als Flammöfen, lassen aber keine Verunreinigung der flüchtigen Röstproducte (arsenige und schweflige Säure) mit den Verbrennungsgasen zu. Früher häufig zum Rösten von Schwefelmetallen behuf Benutzung der entwickelten schwefligen Säure zur Schwefelsäurebereitung angewandt (Oker), sind sie neuerdings meist durch die weit billiger arbeitenden Röstschachtöfen verdrängt (Oker, Freiberg, Mansfeld), desgleichen auch die combinirten Flamm- und Gefässöfen (Muffelflammöfen).

1) Oesterr. Ztschr. 1857, S. 162, 179; 1871, S. 37. Met. 2, 166.

B. Processe in Schmelzhitze ausgeführt.

Verschiedene Processe.

18. Allgemeines. Bei diesen Processen wird die Temperatur so hoch gesteigert, dass entweder das feste Schmelzmaterial vollständig in tropfbarflüssigen Zustand versetzt wird (eigentliche Schmelzprocesse) oder nur gewisse Bestandtheile desselben (Saigerprocesse). In ersterem Falle lässt man sich die durch chemische Reactionen in der flüssigen Masse erzeugten verschiedenen Producte entweder nach ihrem specifischen Gewichte unter einander absondern (Metalle, Legirungen, Kohlenstoffmetalle, Speisen, Leche, Schlacken) oder man entfernt nach einiger Abkühlung in der flüssigen Masse auskrystallisirende Bestandtheile aus ersterer (Krystallisationsprocesse).

Bezeichnung.

19. Schmelzprocesse. Dieselben — in Herd-, Schacht-, Flamm- oder Gefässöfen ausgeführt und benannt nach den zu verarbeitenden Substanzen (Bleierz-, Stein-, Krätzschmelzen) oder nach dem Zwecke und den Resultaten des Processes (Concentrationsschmelzen) oder nach den dabei angewandten Apparaten (Schacht-, Flammofenprocesse) — können hinsichtlich der damit beabsichtigten chemischen Wirkung in folgender Weise classificirt werden:

Classification.

a) Oxydirendes Schmelzen zur Trennung von Stoffen, welche zum Sauerstoff verschiedene Verwandtschaft haben (S. 2).

Als Oxydationsmittel dienen: Luft (Silberabtreiben, Kupfergaarmachen, Silberfeinbrennen, Verblasen von Antimon und Arsen enthaltenden Lechen, Bessemern von Kupferlechen und Roheisen, Roheisenfrischen, Durchblasen von heisser Luft durch vom Hohofen kommendes flüssiges Roheisen nach Hamoid's Verfahren), Metalloxyde (Bleioxyd beim Silberfeinbrennen, Kupfergaarmachen und zur Zerlegung von Schwefel-, Antimon- und Arsenmetallen, Kupferoxydul beim Kupfergaarmachen, Kupferoxyd zur Zerlegung von Schwefelkupfer, Antimonoxyd zur Zerlegung von Schwefelantimon, Braunstein, Eisenoxyd und Eisenoxyduloxyd beim Feinen und Frischen von Roheisen), Metallsalze (Gaarschlacken beim Eisenfrischen, schwefelsaures Bleioxyd beim Bleiflammofenprocess), Salpeter (bei Heaton's Process, bei der Kobalt-, Nickel- und Kupfergewinnung, für Chromeisenstein, zur Reinigung des Silbers und Antimons), Wasserdampf (beim Feinen, Frischen und Puddeln des Eisens, beim Raffiniren des Bleies und Kupfers, beim Abtreiben, wobei derselbe aber weniger als Oxydationsmittel, wie als Injector zur Herbeiführung von Zugluft wirkt).

Während Oxyde und Metallsalze beinahe immer reinen Sauerstoff abgeben, so ist in der Luft der Sauerstoff durch Stickstoff verdünnt und im Wasser an ein reducirendes Agens gebunden. Feuchte Luft, obgleich sie mehr Wärme, als die Oxydation durch trockene Luft erzeugt, wirkt doch weniger kräftig, weil bei der Zerlegung des Wassers zu viel Wärme absorbirt wird, und ihre Anwendung empfiehlt sich nur dann, wenn der freiwerdende Wasserstoff auf Metalloide, z. B. Schwefel wirken soll. Arsen wird in arsenige Säure, Antimon in Oxyd verwandelt. Da Wasserdampf gleichzeitig oxydirend und vorwiegend abkühlend wirkt, so lässt er sich nur bei hoher Temperatur anwenden, oder wenn man absichtlich eine gewisse Abkühlung der zu oxydirenden Masse herbeiführen will (Affiniren des Roheisens im Feineisenfeuer und Flammofen). In Rothglühhitze wird Wasser von Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Sb, Sn u. a. lebhaft zersetzt, von Cu, Pb, Ag, Au u. s. w. nicht (Raffination von zinkischem Blei).

Das Reinigen roher Metalle (Blicksilber, Roheisen, Kupfer u. s. w.) durch einen Oxydationsprocess nennt man Feinen oder Affiniren, während Raffiniren ein reducirendes Schmelzen bezweckt (z. B. von kupferoxydulhaltigem Gaarkupfer). Häufig bezeichnet man fälschlich mit Raffiniren überall die letzte Reinigung der Metalle, welche in einem abwechselnden Oxydiren und Reduciren bestehen kann.

b) Reducirendes Schmelzen, wobei als Reductionsmittel die S. 16 angeführten Stoffe wirken.

Der Reduction werden hauptsächlich Oxyde (Glätte, Abzug, Abstrich, Eisenerze, Zinnstein, Kupferoxydul beim Raffiniren des Kupfers und gewisse Salze, wie Kupfergaar- und Eisenfrischschlacken, schwefel- und arsensaure Salze) unterworfen. Reductionsprocesse und auch andere Processe, bei denen nur Metalle oder Metalllegirungen erhalten werden, nennt man wohl Frischprocesse (Glätte-, Kupfer-, Eisenfrischen). Die Temperatur ist so zu leiten, dass die Schmelzung der betreffenden Oxyde nicht früher eintritt, als die Reduction, weil sonst eine Verschlackung der Oxyde stattfindet.

c) Solvirendes, auflösendes oder verschlackendes Schmelzen. Seltener sollen dabei sämmtliche meist oxydische Ingredienzien sich gegenseitig zu einer neuen Verbindung auflösen (Smalteglas-Bereitung), als nur gewisse schwerer reducirbare Bestandtheile einer Verbindung (Eisenoxydul, Manganoxydul, Kobaltoxyd), während die anderen wegen geringerer Verwandtschaft des Metalles zum Sauerstoff (Bleioxyd, Kupferoxyd) bei Anwendung gewisser nicht zu hoher Temperaturen sich reduciren. Bei Schwefel-, Antimon- und Arsenmetallen gehen dann den Schmelzprocessen meist Röstprocesse voran (Kupfergewinnung, ordinäre Bleiarbeit).

Als Auflösungsmittel dienen:

a) Saure Substanzen für Basen, als: Kieselsäure (Quarz, Sandstein), natürliche Silicate (Thon, Thonschiefer, Granat, Grünstein u. s. w.), künstliche Silicate (saure Schlacken), z. B. beim Verschmelzen von Blei-, Kupfer-, Silber-, Eisenerzen.

b) Basische Substanzen für Kieselsäure und saure Silicate in Gestalt von alkalischen Erden (Kalk, Flussspath, Dolomit), Metalloxyden (des Eisens, Mangans), basischen Schlacken (Gaarschlacken), seltener alkalischen Verbindungen (Soda, Borax, Glaubersalz).

c) Metalle, namentlich Blei (zur Ausziehung von Gold und Silber aus Kupfer, Lechen und Speisen).

d) Schwefelmetalle, namentlich Schwefeleisen (Schwefel- und Magnetkies) zum Ansammeln von Gold und Silber (wo ein Eisengehalt schädlich, wendet man statt des Schwefel- und Magnetkieses wohl Schwerspath, Gyps oder Glaubersalz in Verbindung mit Kohle als Schweflungsmittel an, z. B. bei der Nickel- und Kobaltgewinnung aus Kupfergaarschlacken, beim Concentriren der Kupfersteine u. s. w.); Schwefelnickel, mit saurem Eisensilicat geschmolzen, giebt an die Schlacke fast gar kein Nickel ab, während Kobalt theils in dieselbe übergeht; Nickeloxyd mit Schwefel oder Schwefelkies verschmolzen, giebt alles Nickel an den Stein ab, während aus Kobaltoxyd nur wenig Kobalt in den Stein geht; Nickelsilicat mit Schwefel oder Kies geschmolzen, geht Nickel theilweise in den Stein, Kobalt aus Kobaltsilicat nicht[1]); ferner Arsenmetalle (Arsen- und Arsenikalkies) zum Ansammeln von Kobalt und Nickel, z. B. aus diese Metalle enthaltenden Kupfergaarschlacken.

d) Präcipitirendes oder niederschlagendes Schmelzen. Dasselbe kommt bei Zerlegung der Schwefel-, Antimon- und Arsenmetalle meist durch Eisen (S. 3) oder eisenhaltige Surrogate (Eisenfrischschlacken, Eisenerze), seltener durch Kupfer (Kupferauflösungs- und Abdarrprocess) und alkalische Salze (Bleiproben) vor und ist meist mit einem solvirenden Schmelzen zur Verschlackung von Erden und Metalloxyden verbunden (Bleiniederschlagsarbeit).

e) Mischendes Schmelzen, behuf Darstellung von Legirungen (Kupferfrischen, Werkbleientsilberung durch Zink).

1) Schweder, Reactionen von Kobalt- und Nickelverbindungen in B. u. h. Ztg. 1878, S. 377.

f) Umschmelzen, zur Ueberführung der Substanz (Roheisen, Zink) in eine andere Form oder zur Separation der einzelnen Bestandtheile einer Verbindung nach dem specifischen Gewichte (Läutern von bleiischem Zink, Entsilberung von Werkblei durch Zink).

Zweck. **20. Saigerprocesse.** Dieselben bezwecken das Ausschmelzen leichtflüssiger Bestandtheile durch allmäliges Erhitzen starrer Verbindungen bis zu einer gewissen Temperatur, bei welcher die strengflüssigeren Partien zurückbleiben.

Beispiele: Trennung von Blei und Kupfer, von Eisen und Zinn, auch durch Filtriren (S. 16) zu trennen, von Wismuth und Schwefelantimon aus der Gebirgsart. Wegen schwieriger Innehaltung der richtigen Temperatur sind diese Processe, welche in Herd-, Flamm- oder Gefässöfen ausgeführt werden, sehr unvollkommen.

Zweck. **21. Krystallisationsprocesse.** Beim langsamen Abkühlen mancher flüssiger Legirungen krystallisiren einzelne Bestandtheile aus und lassen sich aus der flüssigen Mutterlauge mittelst durchlöcherter Kellen herausnehmen (Blei aus Werkblei beim Pattinsoniren, Eisenzink aus eisenhaltigem Zink).

Dieser Process stützt sich auf folgende Thatsachen: bei der Abkühlung der Bleisilberlegirung zeigen die Bleimoleküle Krystallisationsbestreben, welches der an Silber reicheren Legirung nicht inne wohnt; der Schmelzpunkt der silberreicheren Legirung ist niedriger als der des reinen Bleies; die im Moment des Erstarrens frei werdende latente Wärme theilt sich der flüssig gebliebenen Legirung mit und diese besitzt eine geringere specifische Wärme, als das reine Blei.

C. Processe, welche Dampfform bedingen.

Zweck. **22. Sublimations- und Destillationsprocesse.** Diese Processe, meist in Gefässöfen ausgeführt und deshalb viel Brennmaterial erfordernd, dienen zur Trennung flüchtiger Substanzen (Schwefel, Zink, Arsen, Quecksilber) von minder flüchtigen. Je nachdem die in Dampfform übergeführte Substanz durch Abkühlung in flüssiger (Schwefel, Quecksilber, Zink) oder fester Gestalt (Arsen, Schwefel) erhalten wird, nennt man den Process resp. Destillation oder Sublimation.

2. Capitel. Nasse Hüttenprocesse.

Vortheilhaftigkeit. **23. Allgemeines.** Die nassen Processe können vor den trockenen nachstehende Vorzüge haben: rascheres und vollständigeres Ausbringen der Metalle (neuere Silberextractionsprocesse für kupferhaltige Producte im Vergleich zum alten Saigerprocess am Ober- und Unterharz, im Mansfeldschen und in Freiberg), grössere Wohlfeilheit und minder complicirte und kostspielige Apparate; sie finden jedoch keine allgemeine Anwendung, weil sie meist die Abwesenheit gewisser Substanzen erfordern, welche gerade am häufigsten als Verunreiniger von Blei-, Silber- und Kupfererzen auftreten (Zink, Antimon, Arsen, Blei sind z. B. beim Ziervogel'schen und Augustin'schen Processe, sowie bei der Amalgamation schädlich, weniger bei der Schwefelsäureextraction). Classification. Man unterscheidet Amalgamations-, Auflösungs- und Fällungsprocesse, unter welche letzteren auch die elektro-

metallurgischen Processe gehören. Nicht selten wird, wie bemerkt, der nasse Weg mit dem trocknen combinirt.

24. Amalgamation. Dieser Process beruht auf der Löslichkeit von Gold und Silber in Quecksilber und sodann der Verflüchtigung des letzteren aus dem entstandenen Amalgam, wobei Gold und Silber zurückbleiben. Der Process ist am einfachsten, wenn das edle Metall in freiem Zustande vorhanden ist (Gold), wo es dann nur eines innigen Zusammenbringens von Erzen und Quecksilber ohne oder mit vorheriger Röstung (Gold enthaltende Schwefel- und Arsenkiese) bedarf. Kommt das auszubringende Metall vererzt vor, wie meist das Silber, so muss dasselbe zuvor durch chemische Processe auf trocknem und nassem Wege (chlorirendes Rösten und Zerlegung des Chlorsilbers mit metallischem Eisen, europäische Fässeramalgamation, oder Behandlung auf nassem Wege mit Chlor abgebenden Chloriden und Zerlegung des Chlorsilbers durch Quecksilber, amerikanische Haufenamalgamation) isolirt und dem Quecksilber zugängig gemacht werden, wobei man zuweilen noch besondere Reagentien zur Beschleunigung des Processes hinzufügt (amerikanische Pfannenamalgamation). Wesen des Processes. Eintheilung.

Die Amalgamationsprocesse (früher u. a. in Freiberg und Mansfeld) sind in Deutschland wegen ihrer Kostspieligkeit und Gesundheitsschädlichkeit durch vortheilhaftere Processe (Augustin's- und Ziervogel's- Process, Schwefelsäurelaugerei) ersetzt, nachdem sie die Saigerung verdrängt hatten.

25. Auflösungs- (Extractions-) und Fällungs-Processe. Diese in neuerer Zeit vielfach ausgebildeten Processe bestehen darin, dass man das aus einem Erz u. s. w. zu gewinnende Metall durch ein Lösungsmittel — als: Wasser (bei gerösteten oder verwitterten Schwefelmetallen von Kupfer, Silber, Eisen, Nickel u. s. w.), Säuren (Schwefel- und Salzsäure für Oxyde, wie Kupfer-, Nickel-, Wismuth-, Zinkoxyd, oder Schwefelsäure für Metalle, wie silber- und goldhaltiges Kupfer, Salzsäure für Chloride, wie Kupferchlorür), Chlormetalle (Kochsalzlösung für Chlorsilber und Kupferchlorür), Eisenchlorid (für Silbererze und für Gold aus Kiesrückständen), Eisenchlorür (beim Hunt- und Douglasprocess zur Umwandlung von Kupferoxyd in Chlorid und Chlorür), Ammoniak (für Chlorsilber und Zinkoxyd), unterschwefligsaure Alkalien und alkalische Erden (für Chlorsilber, Gold) — in Auflösung versetzt und dann durch ein anderes Metall u. s. w. regulinisch (Kupfer durch Eisen und Zink, Silber durch Eisen und Kupfer, Gold durch Eisenvitriol) oder in anderweitiger, leicht zu zersetzender Verbindung ausfällt (Kupfer, Silber und Gold durch Schwefelwasserstoff oder Schwefelnatrium, Kupfer, Nickel und Blei durch Kalk), worauf die Niederschläge einem Schlämmen (Cementkupfer), Auskochen (Silber, Gold), Decantiren, Filtriren, Pressen, Glühen oder Rösten (Schwefelmetalle), Schmelzen und Raffiniren ausgesetzt werden können. Zuweilen bewirkt das Auflösungsmittel direct schon die Abscheidung eines Metalles von einem andern (Extraction des Kupfers durch Schwefelsäure von Gold und Silber). Wesen der Processe.

Beispiele: Behandlung von silber- oder goldhaltigem Kupfer mit verdünnter Schwefelsäure bei Luftzutritt, von Silbergold mit concentrirter Schwefelsäure oder

Salpetersäure. Aus einer Lösung von Silber und Kupfer wird das Silber früher durch Schwefelnatrium oder Schwefelwasserstoff gefällt als Kupfer.

Elektromet. Processe.

Neuerdings werden die schon vor längerer Zeit [1]), namentlich von Becquerell [2]) empfohlenen elektrometallurgischen Processe zur Fällung von Silber und Kupfer aus ihren Lösungen von hohem Grade der Reinheit mittelst Elektricität angewendet, nachdem man letztere durch kräftige Maschinen hinreichend billig herzustellen gelernt hat.

Die betreffende Metallsulfatlösung wird bei einer gewissen Verdünnung in einem hohlwandigen gusseisernen Kessel, in dessen Hohlraum Dampf geleitet, erwärmt und in dieselbe am positiven Pol das zu reinigende Metall (Silber oder Kupfer) in Platten eingehängt, während den negativen Pol ein Silber- oder Kupferblech bildet. Es löst sich dann von dem unreinen Metall reines Metall weg und setzt sich auf dem Bleche ab, während Verunreinigungen und mit ihnen Gold als Schlamm zu Boden gehen. Als brauchbare Maschinen dienen besonders die von Siemens (die leichtere und den wenigsten Raum einnehmende), Wilde, Gramme und Schuckert (Norddeutsche Affinerie in Hamburg, Mansfeld, Pembrey in England, Oker).

---

3. Abschnitt.

Hüttenmaterialien.

Verschiedene Materialien.

26. Allgemeines. Zur Darstellung der Metalle bedarf es vor Allem der Erze und der Brennmaterialien. Erstere lassen sich selten ohne Zusatz gewisser Stoffe (Zuschläge) verhütten, welche auf verschiedene Weise wirken können.

1. Capitel. Erze.

Vorkommen der Metalle.

27. Zusammensetzung der Erze. Neben den Eigenschaften des auszubringenden Metalles bedingt die Natur seiner Erze im Wesentlichen mit die Auswahl der Zugutemachungsmethode. Die hüttenmännisch ausbringbaren Metalle finden sich in der Natur:

a) gediegen, wie Pt, Au, Ag, Cu, Bi, Hg, Sb, As.

Zugutemachung durch Amalgamation (Au, Ag), durch Saigerung (Bi), durch Schmelzprocesse (Au, Ag, Cu), durch Destillation (Hg), durch Auflösung und Fällung (Au), durch mechanische Processe (Au).

b) Als Legirungen, seltener in grösseren Massen vorkommend.

Hierher gehören zum Theil die unter a aufgeführten Metalle, welche häufig mehr oder weniger von anderen Metallen enthalten (Pt mit Fe, Rh, Pd, Ir, Os, Cu,

---

1) B. u. h. Ztg. 1853, S. 729. Bergwerksfreund 1, 266, 541; 3, 282; 10, 140; 11, 584; 12, 270, 406, 624. 2) B. u. h. Ztg. 1856, S. 2. 3) Reis, neue elektrische Maschinen, Leipzig 1877. Gore, the Art of Electro-Metallurgy, London 1877. Keith, Elektrometallurgie in B. u. h. Ztg. 1878, S. 70. Gramme's elektromagn. Maschine in Dingl. 221, 331 und Engin. and mining Journ. 1878, Vol. XXV, No. 13, p. 217. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878, No. 10 (Maschinen von Hefner-Alteneck und Siemens). Fontaine, elektr. Beleuchtung; deutsch von Ross. Wien 1878, S. 62. Ferrini-Schröter, Technologie der Elektricität und des Magnetismus 1879, S. 553. Dingl. 227, 201; 230, 27 (Gramme, Brush, Wallace). B. u. h. Ztg. 1879, No. 1 (Keith).

Au; Au mit Ag, Cu, Fe; Ag mit Au, Hg, Cu, Sb, As; Cu mit Ag, Fe; Hg mit Ag. Die Zerlegung geschieht auf die S. 15 angegebene Weise.

c) Als Schwefelmetalle und zwar als einfache (Bleiglanz, Zinkblende, Kupferglanz, Grauspiessglanz) und höhere Schwefelmetalle (Schwefelkies), als Oxysulfurete (Antimonblende), sowie als Schwefelsalze (Kupferkies, Rothgiltigerz, Fahlerz).

Zugutemachung durch niederschlagendes Schmelzen (Bleiglanz, Schwefelantimon, Silberglaserz), durch Röst-Reductions-Solvirungsprocesse (Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz, Nickelerze), durch Röstdestillationsprocesse (Zinnober, Zinkblende), durch Auflösung und Fällung (Silber- und Kupfererze), sowie durch Amalgamation (Silbererze).

d) Als Tellurmetalle. Kommen seltener zur Verhüttung.

Die Tellurverbindungen des Au und Ag finden sich in Ungarn und in Colorado in gewinnungswürdiger Menge.

e) Als Antimon- und Arsenmetalle und zwar einfache und höhere, sowie in Schwefelsalzen (Speiskobalt, Kupfernickel, Silbererze).

Zugutemachung meist durch Röst-Reductions-Solvirungsprocesse (Kobalt- und Nickelspeise) oder den nassen Weg.

f) Als Oxyde, mit Wasser (Brauneisenstein) oder ohne dasselbe (Hämatit, Rothkupfererz, Zinnstein, Rothzinkerz).

Zugutemachung durch reducirendes und solvirendes Schmelzen (Eisenerze, Rothkupfererz, Zinnstein) oder durch Reductions-Destillationsprocesse (Rothzinkerz). Hydrate und Carbonate sind leichter zu reduciren, als reine Oxyde, und diese wieder leichter, als Silicate, und zwar alle um so weniger leicht, je dichter sie sind.

g) Als Sauerstoffsalze und zwar als Carbonate (Malachit, Lasur, Weissbleierz, Galmei, Spatheisenstein), als Silicate (Kieselkupfer, Kieselzinkerz), als Sulfate (Blei-, Kupfer-, Zinkvitriol), als Arseniate (Nickel- und Kobaltblüthe, Kupferglimmer), als Phosphate (Grünbleierz, Vivianit, Phosphorcalcit, Libethenit).

Zugutemachung durch Reductionsprocesse (Malachit, Lasur, Galmei), wohl unter Zusatz von Solvirungsmitteln (Bleischlacken); durch Reductions- und Präcipitationsschmelzen (Bleivitriol); durch Auflösung und Fällung (Kupfervitriol, Weissbleierz).

h) Als Haloidsalze, von minderer Bedeutung für den Hüttenmann.

Zugutemachung durch Amalgamation (Jod- und Bromsilber) oder Schmelzprocesse (Silbererze, Atakamit).

28. Aufbereitung und Bezeichnung der Erze. Die durch Bergbau gewonnenen Erze sind selten so beschaffen, dass sie ohne Weiteres der hüttenmännischen Bearbeitung übergeben werden können. Man unterwirft sie deshalb einer mechanischen Aufbereitung [1]), um ihren Metallgehalt anzureichern und fremde Beimengungen in soweit zu entfernen, als sie für den Hüttenprocess schädlich sind. Dabei erfolgen Aufbereitungsproducte entweder in Schliegform

Zweck der Aufbereit.

1) Rivot's Aufbereitung, deutsch von Hartmann 1858. Kerl, Oberharzer Hüttenprocesse 1860, S. 114. Die Aufbereitung von M. F. Gaetzschmann, Leipzig, Felix. 2 Bde. v. Rittinger's Lehrb. d. Aufbereitungskunde, Berlin 1866. Erster Nachtrag dazu, ebend. 1870. v. Rittinger's Taschenbuch der Aufbereitungskunde. Berlin 1867. Erster Nachtrag dazu, ebend. 1870. Matrot, über die Oberharzer Aufbereitung in Ann. d. min. Tom. XII. 1867. Heberle, das neue Aufbereitungswerk zu Fahlun. Leipzig 1873. Kutscher, die neue Aufbereitungsanstalt bei Clausthal. Berlin 1873. Sammlung von Zeichnungen für den Verein Hütte 1863, No. 19 a—d; 1860, No. 27. B. u. h. Ztg. in jedem Bande. Eisenerze: Kerl, Met. 3, 90. Percy-Wedding's Eisenh. 2, 509.

oder in mehr oder weniger grossen Bruchstücken. Je reicher die Erze aufbereitet werden, um so leichter und billiger lassen sie sich zwar verschmelzen, aber um so grösser sind die mechanischen Verluste und Kosten bei der Aufbereitung und es muss jedesmal durch Versuche ermittelt werden, wo die vortheilhafteste Grenze liegt. Von besonderem Einfluss darauf sind der Werth des Metalles, die Schwierigkeiten der Metallgewinnung und die Differenzen in den specifischen Gewichten (z. B. armer Zinnstein). Zuweilen lassen sich ärmere Erze ohne weitere Aufbereitung mit ökonomisch günstigerem Resultate verschmelzen, wenn sie für den Hüttenprocess förderliche Beimengungen (z. B. Bleiglanz mit Spatheisenstein) oder sehr werthvolle Metalle enthalten (Gold- und Silbererze, Fahlerze mit geringerem specifischen Gewicht) oder leicht vor Verschlackung zu schützen sind (Silber und Kupfer durch Schwefel).

Verluste.

Bezeichnung der Erze.

Die Bezeichnung oder Classification der zur Hütte gelieferten Erze geschieht zunächst nach dem darin vorwaltenden Metall (Blei-, Silber-, Kupfererze) oder dem werthvollsten Metall (Fahlerze können Kupfer- und Silbererze sein), wobei wohl gleichzeitig die auf den Hüttenprocess influirenden beibrechenden Gemengtheile (Gangarten) bezeichnet werden (späthige, kieselige, kiesige, ochrige, eisenspäthige, schwerspäthige Erze); nach dem Metallgehalt (reiche, mittelreiche und arme Erze, von dem Werthe des Metalles und der Schwierigkeit der Gewinnung abhängende Begriffe); nach der Reinheit (z. B. Eisenerze mit Schwefel und Phosphor, Kupfererze mit Antimon und Arsen); ferner nach dem Erfolg der Aufbereitung und zwar hinsichtlich der Korngrösse (Unterharzer Stufferze, Bergkern, Waschkern, Gräupel, Schlieg; Oberharzer Stufferze und Schliege), des Aufbereitungsapparates (Graben-, Kehrherdschlieg, Rätterstuff), des Rohmaterials, woraus das Product erfolgt ist (Schlamm- und Afterschlieg), sowie hinsichtlich des Verhältnisses zwischen Erz und unhaltigen Theilen (Dürrerze; Oberharzer Stuff-, Schur-, Poch-, Bergerze, Berg); nach der dafür gewählten Zugutemachungsart (Röst-, Amalgamations-, Zuschlagerz); zuweilen nach dem Besitzer der Gruben oder dem Fundorte (Oberharzer Eisensteine).

Beispiel. In Freiberg unterscheidet man: Bleierze mit durchschn. 40 % Pb und 15 Taus. Ag, und zwar bleiische Erze mit 15—25 % Pb und Glanze mit über 25 % Pb; Kupfererze, silberhaltig mit 1—10 % Cu; Arsenerze mit 10—40 % As, silberhaltig; Zinkerze mit 30—40 % Zn und nicht über 5 % Pb; Schwefelerze mit wenigstens 20 % S im Kies; kiesige Silbererze, diejenigen Silber- und Zinkerze, bei welchen bei einem Schwefelgehalt von 20 % und darüber eine Schwefelbezahlung nicht stattfindet; quarzigkiesige Erze mit weniger als 20 % S; Dürrerze, alle Silbererze, welche kein bezahlbares Blei und Kupfer enthalten und quarzige genannt, wenn die Nebenbestandtheile hauptsächlich aus Quarz bestehen und nur so viel kiesige Bestandtheile vorhanden sind, dass sie durch letztere nicht einen Schwefelgehalt von 10 % erreichen; späthige Dürrerze mit späthiger Gangart. In Bezug auf den Aufbereitungsprocess theilt man die Erze in Stufferze von Wallnussgrösse und Schliege von gepochten, gesetzten und gewaschenen Erzen, welche beim Absieben durch ein Sieb von 100 Maschen pro qcm nicht über 15 % Gröbe zurücklassen. Zu den trockenen Erzen gehören trocken gepochte und Stufferze, zu den nassen gepochte und gewaschene Erze.

Transport.

29. Uebernahme und Aufbewahrung der Erze auf den Hütten. Die durch Menschen-, Thier- oder Dampfkraft mit möglichst

wenig mechanischen Verlusten nach der Hütte gelieferten Erze werden daselbst entweder dem Volumen nach (Eisenerze, arme Unterharzer Kupfer- und Bleierze) oder dem Gewichte nach (werthvollere Erze, Blei-, Silber-, Kupfer-, Zinn-, Golderze) übernommen, wobei man seltener auf im Laufe der Zeit ungenau werdenden Brückenwagen grössere Mengen (10000—15000 kg) auf einmal[1]), als mittelst Balancierwagen (50—100 kg) jedesmal je nach dem Werth des Erzes mehr oder weniger genau abwiegt, und sich dann wohl der Brückenwagen nur im innern Betriebe der Hütten bedient.

Verwägen.

So wiegt man z. B. in Freiberg Erzmengen von 2 Ctr. (100 kg à 100 Pfd. à 100 Pfundtheile) bis zu folgenden Gewichtstheilen aus:

Silbergehalt im Ctr.		Grösse der Auswage
1— 50 Pfdthle.		10 Pfd.
über 50— 500	„	1 „
„ 500—5000	„	0.1 „
„ 5000	„	0.02 „

Silberleere Blei- und Kupfererze werden bis auf 0.1 Ctr. (5 kg) ausgewogen.

Behuf genauen Probenehmens werden die Erzposten bei einem Silbergehalt von 0.1% und mehr gewöhnlich nicht über 2500 kg, mit weniger Silber zu etwa 5000 kg angeliefert.

Gestattete Remedien[2]) beim Auswägen, sowie bei den Proben auf Nässe und Metallgehalt erschweren nicht selten die Beurtheilung des Hüttenprocesses ungemein (S. 25).

Remedien.

Die Bezahlung der Erze geschieht meist nach Erztaxen.[3])

Erztaxen.

Werthvollere oder solche Erze, welche durch den Einfluss der Atmosphärilien eine unerwünschte Veränderung erleiden (mulmige, lettige Eisensteine, Verluste durch Wind und Regen bei feinpulverigen Erzen) bewahrt man unter Bedachung oder in mit genau signirten Feldern versehenen Magazinen auf, sehr reiche Erze wohl unter besonderem Verschluss; weniger werthvolle Erze (Eisenerze, arme unterharzer Blei- und Kupfererze) bleiben in signirten Haufen im Freien liegen, womit man zuweilen eine mechanische oder chemische Veränderung (bis zu einem Jahr und länger) durch die Atmosphärilien (Abliegen, Verwittern[4])) verbindet, die noch durch eine künstliche Bewässerung unterstützt werden kann. Diese Verwitterung hat die Uebelstände, dass das in den Erzen liegende Capital lange Zeit unverzinst bleibt und viel Raum erfordert wird.

Aufbewahrung.

Verwittern.

Die Verwitterung bezweckt entweder nur eine physikalische Wirkung hauptsächlich durch eindringendes Wasser und Gefrieren desselben (Auflockerung von dichten Eisenerzen, Absonderung unhaltiger Theile aus lettigen Eisenerzen oder lettigem dolomitischen Galmei), oder eine chemische, welche wegen erforderlicher zu langer Zeitdauer seltener auf höhere Oxydation von Oxyden (Spatheisenstein zu Eisenoxyduloxyd), als auf die Vitriolisirung von Schwefelmetallen und die Oxydation von Arsenmetallen abzielt. Am leichtesten gehen Schwefeleisen (Schwefel- und Magnetkies z. B. $2\,FeS_2 + 15\,O + H_2O = Fe_2(SO_4)_3 + H_2SO_4$) und Schwefelkupfer (im Kupferkies z. B.) in Vitriole über, schwieriger Schwefelzink

1) Berggeist 1859, S. 616. 2) Remedien in Müsen in Preuss. Ztschr. 10, 179. Met. 1, 107. 3) Met. 1, 104; 4, 553. Kerl, Probirkunst, S. 7. Bezahlungstarife für den Einkauf von fremden Erzen und Gekrätzen auf den fiskalischen Hüttenwerken bei Freiberg. Clausthal 1870. Niederungarische Hütten in Oest. Ztschr. 1873, No. 41, 42, 43. Engl. Standard für Zinn- und Kupfererze in B. u. h. Ztg. 1862, S. 261, 316; Tarnowitz in Preuss. Ztschr. 14, 217; Spanien in B. u. h. Ztg. 1868, S. 26. Frey in Oest. Ztschr. 1878, No. 11. 4) Oest. Ztschr. 1860, S. 290. B. u. h. Ztg. 1856, S. 219; 1861, S. 394. Kerl, Met. 2, 580; 3, 132. Percy-Wedding's Eisenhüttenkunde 2, 504. Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 62.

und Schwefelblei. Bei Anwesenheit von Kalk [1]) werden unter Gypsbildung Metalloxydhydrate ($Fe_2 O (SO_4)_2 + 2 Ca (OH)_2 + H_2 O = Fe_2 (OH)_6 + 2 Ca SO_4$ oder $Ca Si O_3 + H_2 SO_4 = Ca SO_4 + H_2 Si O_3$) oder basisch schwefelsaure Metalloxyde niedergeschlagen. Arsenmetalle gehen in arsensaure Salze über, Schwefelarsenmetalle, z. B. Arsenkies, in schwefelsaure Metalloxyde, arsenige Säure und arsensaure Salze (Verwittern von Schwefelmetalle und Arsenkies enthaltenden Eisenerzen, von kupferarmen Schwefelkiesen). Durch eine vorherige Röstung lässt sich der Process beschleunigen, z. B. bei Eisenerzen.

Auslaugen. Auf das Verwittern der Erze folgt häufig noch ein Auslaugen [2]) der dabei gebildeten Sulfate, arseniger Säure u. s. w. durch Wasser, indem man die Erzhaufen nur damit berieselt oder das Auslaugen in besonderen Behältern vornimmt (Eisenerze, kupferhaltige Schwefelkiese). Seltener wendet man statt Wassers andere Lösungsmittel an, z. B. zur Ausziehung von phosphorsaurem Kalk oder Thonerdephosphat aus Eisenerzen Säuren (Strohmeyer [3]) Salzsäure, Jacobi [4]) schweflige Säure). Chloralkalien, Ammoniak und dessen Salze, Natronsalpeter u. A. sind ebenfalls in Vorschlag gebracht, aber zu unwirksam befunden.

Zweck. **30. Probiren der Erze.** [5]) Dasselbe bezweckt die Ermittelung des Metallgehaltes von Erzen u. s. w. auf trocknem oder nassem Wege behuf ihrer Bezahlung, der Auswahl und Controle des Hüttenprocesses, sowie zur Ermittlung ihres Schmelzverhaltens. Grundbedingung ist dabei, dass die zur Probe verwendete kleine Menge Probirgut die durchschnittliche Zusammensetzung des ganzen Haufwerks repräsentirt, von welchem sie genommen worden. Das Verfahren beim Probenehmen von Substanzen weicht ab, je nachdem dieselben Legirungen sind oder nicht.

Probenehmen.

1) Probenehmen von Nichtlegirungen. Die Substanzen befinden sich entweder in Bruchstücken oder in Schliegform oder in feurigflüssigem Zustande.

a) Erzbruchstücke. [6]) Dieselben können gleich- oder ungleichartig sein.

α) Verjüngungsprobe für gleichartige Bruchstücke. Man nimmt von vielen Stellen an der Peripherie, wohl nach Abräumung der durch die Atmosphäre getrockneten obersten Schicht, und auch aus dem Innern des Haufwerks mit der Schaufel, indem man Canäle eingräbt, etwa 100 kg Probematerial (in Freiberg bei Stufferzen von Wallnussgrösse etwa $^1/_{10}$ des Haufwerks), zerkleint dasselbe unter Walzwerken, Pochwerken oder Hämmern gröblich (zu Bohnengrösse), formirt daraus einen konischen oder quadratischen Haufen, welchen man halbirt oder viertheilt, stürzt die genommene Menge nach weiterer Zerkleinerung zu einem Haufen auf und fährt mit dessen Verjüngung soweit fort, bis etwa $^1/_4$—$^1/_2$ kg Probegut durch ein Sieb mit 30 × 30 Maschen

---

1) Notizbl. des deutsch. Ziegl. Ver. 13, 305. Oest. Ztschr. 1860, S. 290. B. u. h. Ztg. 1856, S. 219; 1861, S. 394; 1868, S. 139. Erdm. J. 99, 103. 2) Kerl, Met. 2, 595; 3, 134. Rittinger's Erfahr. 1868, S. 17. Percy-Wedding's Eisenh. 2, 506. B. u. h. Ztg. 1870, S. 11, 419. 3) B. u. h. Ztg. 1865, S. 264. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1877, S. 413. 4) Deutsche Illustr. Ztg. 1870, 168. B. u. h. Ztg. 1870, S. 376; 1871, S. 330. 5) Metallurgische Probirkunst, von B. Kerl, Leipzig 1866. Mitchell, a manual of practical assaying. Edited by W. Crookes, London 1868. Rivot, notes sur les laboratoires de l'école des mines de Paris. Paris, Dupont. Ricketts, Notes on Assaying. New York 1876. 6) Kerl, Probirk., S. 8. B. u. h. Ztg. 1868, S. 26; 1861, S. 389; 1862, S. 316, 345. Berggeist 1856, S. 149. Preuss. Ztschr. 17, 137; 18, 223.

pro qcm erfolgt (Eisenerze). Auch nimmt man wohl beim Verwägen der Erze von jeder Abwage ein oder mehrere Stücke, formirt daraus nach der Zerkleinerung eines Postens einen Haufen und verjüngt diesen (Oberharzer Kupferkiese).

β) Kreuzungsprobe für ungleichartige Bruchstücke. Bei ungleicher Korngrösse wird das ganze Haufwerk (Gold-, Silber-, Kupfererze) mittelst Walzwerks oder Pochwerks und Rätters auf ungefähr gleiches Korn (etwa Wallnussgrösse bei weniger werthvollen, Bohnen- oder Linsengrösse bei werthvolleren Erzen) gebracht und (weniger gut direct ohne vorherige Zerkleinerung) die Masse zu 30—40 cm hohen oblongen oder quadratischen Haufen aufgestürzt, worauf man rechtwinklig sich kreuzende, etwa 20—30 cm breite Gräben hindurchlegt, das Ausgeschaufelte entweder direct oder, nach weiterer Zerkleinerung zu Hirsekorngrösse und endlich zu Pulver, nach gehöriger Mengung zu einem neuen Haufen formirt, damit wie angegeben verfährt und zuletzt mit einem Löffel die Kreuzung vornimmt. Ausser dem aus den Gräben erhaltenen Probirgut sticht man auch wohl aus den zwischen den Gräben stehen gebliebenen Quarrés von oben bis unten noch eine Probe aus und mengt sie der Masse aus den Gräben zu.

Nicht pulverisirbare Brennmaterialien müssen mit der Raspel bearbeitet werden.

γ) Sturzprobe.[1]) Auf Chilesischen Hütten stürzt man das Erz durch einen Trichter über eine Blechpyramide aus, so dass dasselbe in 4 durch Scheidewände gebildete Abtheilungen gelangt. Durch Wiederholung des Ausstürzens über kleiner werdende Pyramiden wird eine Verjüngung des Haufwerks erzielt. Aehnliche Methoden befolgt man in Colorado.[2])

b) Schliegförmige Erze. Entweder werden beim Verwägen derselben von jeder Abwage eine oder mehrere, gewöhnlich drei Löffelproben aus verschiedenen Höhen genommen, diese auf gewöhnlich zwei neben einander stehende Holztröge ausgeschüttet, diese von einem verwogenen Posten, z. B. von 2250—2950 kg Gewicht, zusammengemengt und ein daraus formirter Haufen verjüngt (Oberharzer Bleiglanz); oder man nimmt mittelst eines ins Haufwerk eingetriebenen gestielten halben hohlen Cylinders von Eisenblech mit nach Innen klappendem Ventil aus der Mitte einer Abwage 125—250 g von je 100 kg Abwage heraus (Freiberg).

Die in Freiberg zur Verwägung kommenden Schliege müssen sorgfältig gemengt und so fein sein, dass auf einem Sieb mit 24 Maschen pro Linearzoll (10 Maschen pro cm) nicht über 15 % Gröbe bleibt, während arme trocken gepochte Dürrerze mit weniger als 10 Pfdthl. Silber im Ctr. à 50 kg gröblicher zerkleint sein dürfen.

c) Feurig-flüssige Substanzen, z. B. Leche, ergeben dünne, rindenförmige Spanproben, wenn man ein trocknes abgewärmtes Stecheisen kurze Zeit einhält und das daran Erstarrte abschlägt (bei bleihaltigen [illegible] n unverlässliche Probe wegen leichter Ausscheien).

[illegible]n. 1878, Tom. XIII, p. 606.

2) Probenehmen von Legirungen. Dieselben zeigen an verschiedenen Stellen (Rand, Oberfläche, Mitte, oben und unten) eine abweichende Zusammensetzung [1]) (S. 15), was beim Probenehmen zu berücksichtigen ist. Man unterscheidet:

a) Aushiebprobe. Mittelst Hohlmeissels und Hammers macht man an verschiedenen Stellen, häufig nur oben und unten am Barren, Aushiebe und schmilzt dieselben entweder zusammen oder probirt jeden für sich und nimmt das Mittel; nur bei gleichmässigem Material (Brandsilber, Brandgold) zuverlässig, sonst fehlerhaft, weil aus der Mitte kein Probirgut zu erhalten ist.

b) Bohrprobe. Der Barren wird an verschiedenen Stellen durchbohrt und dabei eine richtigere Durchschnittsprobe erhalten, als vorhin, doch lassen sich die Bohrspäne nicht ganz gleichmässig vermengen, weshalb sich, wenn möglich, ein Einschmelzen derselben unter Kohlenstaub empfiehlt (Werkblei, Schwarzkupfer).

c) Spanprobe, durch Eintauchen des Gaareisens z. B. in flüssiges Kupfer zu nehmen.

d) Schöpfprobe. Die Legirung wird für sich oder unter einer Decke von Kohlenstaub eingeschmolzen, umgerührt und entweder granulirt (Granulirprobe für Legirungen edler Metalle) und getrocknet oder auf eine blanke Gusseisenplatte zu Streifen gegossen und diese zerschnitten (Werkblei) [2]), bei welchen allerdings nicht immer anwendbaren Methoden man die zuverlässigsten Resultate erhält.

Zurichtung des Probirgutes.

Während sich die Zurichtung des genommenen Probirgutes bei Legirungen entweder auf directe Benutzung der Granalien oder auf ein Ausplatten und Zerschneiden der Blättchen u. s. w. beschränkt, so sind bei Erzen und sonstigen nicht legirten Substanzen noch folgende Operationen erforderlich:

Fig. 2.



a) Anstellung der Nässprobe. Zur Ermittelung des Wassergehaltes wird eine abgewogene Probe im Wasserbade (Fig. 2) oder auf der Trockenscheibe (Fig. 3) getrocknet.

Auf Hüttenwerken geschieht das Trocknen gewöhnlich in einer gestielten Kupfer- oder Eisenpfanne auf einem Gestelle über einem geheizten Ofen, wobei man in letzterem Falle zu einer Probe nach einem verjüngten Gewicht (Nässgewicht) so viel Centner oder Kilogramm einwiegt, als der bezügliche Posten an wirklichen Centnern oder Kilogrammen enthält (in Freiberg 1 Nässcentner = 75 g = 15 Pfdthle). Man rührt die Substanz so lange bei einer nicht viel über 100° C. betragenden Temperatur um, bis eine darüber gehaltene kalte Glasplatte sich nicht beschlägt und zwei Wägungen übereinstimmen.

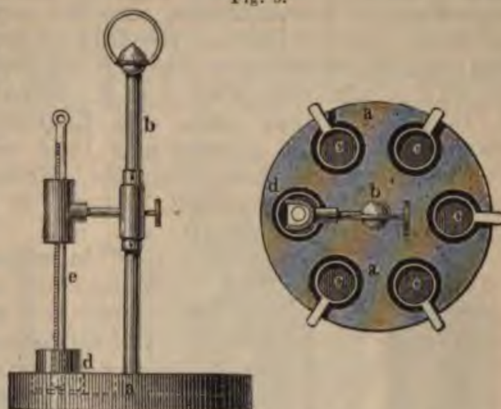
b) Feinreiben. Das vorher in einer gestielten Eisen- oder Kupferblechpfanne (z. B. von 28 cm Länge, 22 cm Breite und 6 cm Tiefe) getrocknete Material wird in einer gusseisernen Reibschale oder

1) Kerl, Met. 1. 110. Mulder, die Silberprobirmethode 1859, S. 148. Dingl. 203, 106. B. u. h. Ztg. 1874, S. 63.
2) Verfahren zu Brixlegg in Oest. Ztschr. 1868, No. 49. B. u. h. Ztg. 1869, S. 278.

einem bedeckten Mörser feingerieben und gesiebt[1]), wobei sich ausplattende geschmeidige Substanzen zurückbleiben und entweder für sich probirt oder zu wiederholten Malen mit Siebfeinem aufgerieben werden, bis sie vollständig durchs Sieb hindurchgehen, was sich namentlich bei harten Gangarten leichter erreichen lässt. Selten ist ein Schlämmen erforderlich (Zinnstein, Goldkies).

Die zu bedeckenden Messingdraht- oder Haarsiebe können z. B. bei weniger werthvollen Erzen 14—20 Löcher pr. cm, bei werthvolleren 28—32 und mehr Löcher enthalten.

Fig. 3.



a Gusseisenscheibe von 25 cm Durchm., 4 cm Dicke und von unten auf 100° und darüber zu erhitzen. *b* Handhabe 36 cm hoch. *c* Messingschälchen mit numerirtem Stiel. *d* Gehäuse mit Kupferfeile gefüllt zur Aufnahme des Thermometers *e*.

Das gut durchgemengte und noch mehrere Mal durch ein grobes Sieb hindurchgelassene Siebfeine wird in hölzernen oder blechernen Büchsen, in Glasflaschen, in Papier- oder in Leinwandpäckchen dem Probirer gehörig signirt übergeben, welcher nach dem Abwägen das Probirgut den zur Ermittlung des Metallgehaltes erforderlichen chemischen Operationen auf trockenem Wege (Glühen, Rösten, Schmelzen, Sublimiren, Destilliren) oder auf nassem Wege (Auflösen, Titriren, Fällen u. s. w.) unterwirft. Vor dem Abwägen wird das ausgeschüttete Probirgut nochmals gut durchgerührt.

Der Probirer bedarf an Apparaten, Werkzeugen u. s. w.: Probirutensilien, Wagen.

1) einer Einwiege-, Vor-, Schlieg- oder Erzwage zum Einwägen der Erze und zum Auswägen der unedlen Metalle, welche bei 5 g Belastung auf jeder Schale noch 1 mg deutlich anzeigt und eine Belastung von 30—50 g vertragen muss;

2) einer Kornwage zum Auswägen von Gold- und Silberkörnern und zum Einwägen von Legirungen edler Metalle (Münzwage), mit höchstens 5 g Tragkraft und bei 1 g Belastung auf jedem Schälchen noch $\frac{1}{10}$ mg deutlich angebend;

3) einer Bügel- oder Apothekerwage zum Abwägen grösserer Quanta, auf etwa 5 mg genau;

4) einer gewöhnlichen Krämerwage zum ungefähren Abwägen grösserer Mengen, wobei es nicht auf grosse Genauigkeit ankommt.

Man bedient sich zum Wägen: Probirgewichte.

a) des Grammgewichtes, von 50 bis 0,001 g; für Silbermünzproben von 1 g = 1000 und getheilt bis zu 1 Tausendstel; bei Goldproben $\frac{1}{2}$ g in 1000 Theile getheilt bis zu 1 Tausendstel;

b) des Centnergewichts. 1 Ctnr. = 5 g (Oberharz) oder

1) B. u. h. Ztg. 1868, S. 422, 429.

3,75 g (Freiberg), in 100 Pfd. à 100 Pfundtheile (Quint) getheilt. Das kleinste Gewicht ist ½ Pfundtheil. Auf österreichischen Hütten [1]) ist 1 Probircentner = 10 g = 100 Pfd. à 32 Loth à 4 Quentchen à 4 Denär, kleinstes Gewicht 1 Denär. Die Gewichte der Gold- und Silberkörner aus den Erzproben werden auf letzteren Hütten neuerdings in Tausendtheilen eines Münzpfundes (Zollpfundes) ausgedrückt, indem 1 Ctnr. = 100 Münz- oder Zollpfd. à 1000 Pfdthle. — Das englische Graingewicht hat zur Einheit gewöhnlich 1000 Grain = 64.8 g und man wiegt, z. B. Silber- und Goldkörner, bis zu 1 Tausendstel Grain aus. Bei Erzproben wiegt man gewöhnlich 400 Grain (etwa 26 g) oder eine Unze = 480 Grain (31.1 g) = 20 Pennywights (dwts) à 24 Grain ein. Kleine Gewichte hat man wohl aus Aluminium [2]) hergestellt. Stern in Oberstein fertigt Gewichte aus Bergkrystall von 50—0.1 g.

Probir-Oefen.

Je nachdem nur Hitze oder gleichzeitig eine oxydirende Wirkung erzielt werden soll, wendet man Wind- und Gebläseöfen oder Muffelöfen, letztere aber häufig auch nur für ersteren Zweck an. Sämmtliche Oefen sind Gefässöfen.

Fig. 4.



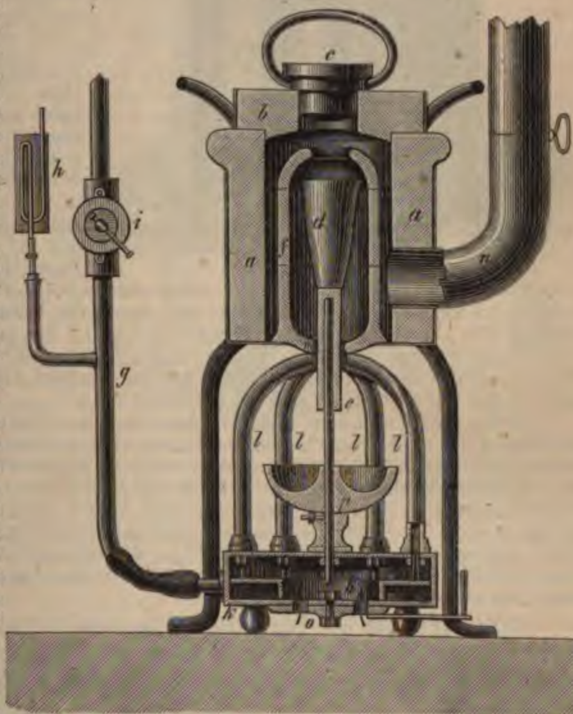
a) Wind- oder Zugöfen. Dieselben haben einen runden, quadratischen oder oblongen Schacht, durch einen Rost vom Aschenfall getrennt und durch einen Fuchs mit der Esse verbunden. Der Schacht ist bald durch eine mit feuerfester Masse ausgefütterte Blechhülle (transportable Oefen) gebildet oder fest gemauert (Fig. 4). Auf die Höhe der zu erzeugenden Temperatur im Ofen haben besonders Einfluss die Höhe des Schachtes über dem Roste und die Höhe der Esse. Den Zug regulirt man durch einen Schieber im Fuchs oder in der Esse und durch die Aschenfallthür; zur Erhöhung desselben trägt es bei, wenn die Verbrennungsluft bei geschlossenem Aschenfall durch einen ins Freie mündenden Canal unter den Rost tritt oder Unterwind angewandt wird. Die Befeuerung des Ofens geschieht seltener mit flammendem, als mit verkohltem Brennstoff, in letzterem Fall möglichst bei gleichem Volumen der Stücke. In ersterem Falle stehen die Schmelzgefässe auf einer Thonplatte über dem Rost (ähnlich wie im Muffelofen Fig. 8, aber ohne Muffel gedacht), in letzterem auf dem Roste und zwar entweder haben sie einen Fuss oder werden auf Untersätzen (Käsen) in gehörigen Zwischenräumen durch die mit Deckel oder Schieber versehene Ofenmündung oder bei tieferen Oefen durch eine mit einem Stein zu schliessende seitliche Oeffnung *t* eingestellt. Das Anfeuern des Ofens geschieht von unten oder von oben und die Feuergase ziehen nach oben durch einen Fuchs in die Esse ab. In Schemnitz hat man einen Windofen, bei welchem der Fuchs unter dem Rost liegt, so dass

1) B. u. h. Ztg. 1871, S. 254. 2) Dingl. 198, 540. Fresen. Ztschr. 1870, S. 481. Reduction feiner Gewichtssätze ebendas. 1869, S. 390.

die Flamme nach unten schlägt. Neuerdings sind auch Gaszugöfen von Perrot[1]) und Wiessnegg[2]) construirt, welche einfache Bedienung und reinlicheres Arbeiten zulassen.

Beispiele. Ofen für 10 Bleiproben: 35.4 cm hoch, 33.7 cm lang und 26.3 cm breit; 7 Traillen; Aschenfallthür 15.3 cm breit, 14.2 cm hoch und 14.2 cm unter dem Rost beginnend; Schornstein 1.75—2.34 m hoch bei 10—12 cm Durchmesser. — Ofen für eine Bleiprobe im eisernen Tiegel: Weite 18, Höhe 12, Wandstärke 6, Aschenfallhöhe 12, Aschenfallweite 14 cm. — Für Kupferproben dieselben Oefen wie für Bleiproben, nur die Esse wohl um 1—1.5 m höher. Englische Kupferprobenöfen: 40 cm hoch, 20—26 cm weit. — Ofen für 4 Eisenproben: Weite 33, Höhe über den 3 cm dicken Traillen 55, Höhe des Aschenfalls 20—30, Länge des Fuchses 33, Höhe desselben 11, Weite der Esse 20 cm, Höhe derselben 10—12 m.

Fig. 5.



Perrot's Leuchtgasofen hat nachstehende Einrichtung (Fig. 5): a äusserer Ofenmantel mit Deckel b und Schauloch c. d Tiegel auf einem verstellbaren Untersatz e. f innerer Mantel. Das Leuchtgas tritt durch das Rohr g, mit Manometer h und Hahn i versehen, in den ringförmigen Behälter k, aus diesem durch die Rohre l und die ringförmige Oeffnung m in den innern Raum; die Flamme umspielt den Tiegel a, entweicht durch die obere Oeffnung des inneren Mantels, zieht hinter demselben nach unten und geht durch das Rohr n in die Esse. Die Verbrennungsluft tritt bei o zu und mischt sich in den Rohren l mit dem Gase. Der Luftzutritt lässt sich mittelst Schiebers reguliren. p Schale zur Aufnahme etwa aus dem Tiegel ausfliessenden Metalles. Wiessnegg's Ofen ist noch einfacher in der Construction, braucht weniger Gas und die Flamme umspielt den Tiegel schraubenförmig, wobei sich Gas und Luft inniger mischen und höhere Temperaturen erzeugt werden. — Sehr hohe Temperatur liefern auch Schlösing's Gasofen[3]), sowie Munscheid's Ofen[4]), in welchem Gas und Luft mittelst Ventilators angesogen werden und gemischt eintreten.

b) Gebläseöfen. Kleine aus sehr feuerfestem Material gemauerte, meist runde oder aus Blech bestehende und mit feuerfestem Futter versehene transportable Oefchen mit in einiger Entfernung über der Sohle an der Peripherie gleichmässig vertheilten Düsen. Dieselben, mit verkohltem Brennmaterial von möglichst gleichgrossem

1) B. u. h. Ztg. 1873, S. 284.
v. Hauer's Oest. Jahrb. 1878, S. 127

3) Dingl. 180, 220; 189, 376.
S. 361.

Volum (Wallnuss- bis Eigrösse) gespeist, stehen unter einer Esse und liefern in kürzerer Zeit und mit geringerem Brennstoffaufwand höhere Temperaturen als Windöfen, erfordern aber mehr Arbeitskraft behuf Bewegung des Gebläses (Blasbalg, Ventilator) und öfteren Nachgebens von Brennmaterial. Heisse Luft, wie in den Oefen von Sefström und Deville, trägt zur Steigerung der Temperatur bei. Man stellt zweckmässig vor jede Düse, aber in einiger Entfernung vor derselben einen Tiegel mit Fuss oder Untersatz auf.

Fig. 6.



Beispiele. Feststehender Ofen (Probiresse) von 36 cm Höhe und 30 cm Weite mit 4 Düsen von 2 cm Durchmesser und 7 cm über der Sohle. — Sefström'scher Ofen[1]) (Fig. 6): 2 Cylinder von Eisenblech mit Zwischenraum *b* und Deckel *a*, der innere Cylinder mit feuerfester Masse *c* (1 Thon und 3 bis 4 Quarzsand) ausgekleidet. *d* Rohr zur Zuführung des Windes in den Zwischenraum *b*, in welchem er sich erwärmt und durch die Düsen *o* in den Schmelzraum strömt. Ein Ofen für 6 kleine Eisentiegel hat 18 cm äusseren Durchmesser bei 15 cm ganzer Höhe mit 7 cm hohem Aufsatzring; Weite und Höhe im Lichten 10.5 cm, Dicke der feuerfesten Masse 2.5 cm, Abstand zwischen den beiden Cylindern an den Seiten 1.2 cm und am Boden 2.5 cm.

Kleine Sefströmöfen mit Trittblasebalg, zum Schutz gegen Staub und Beschädigung in einem verschlossenen Kasten eingeschlossen, liefert Rohrbeck in Berlin. — Deville's Ofen[2]), ein mit feuerfester Masse ausgefütterter Eisencylinder, hat einen durchlöcherten eisernen Boden mit Windkasten darunter, in welchen Gebläseluft eintritt. Welch[3]) hat neuerdings diesen Ofen unter Anderem dahin abgeändert, dass das Untertheil mit der durchlöcherten Scheibe sich von dem Schacht leicht trennen lässt. — Raschetteöfen für eine grössere Anzahl Proben haben einen oblongen Querschnitt mit einer Reihe wechselständig gestellter Düsen auf jeder langen Seite.

c) Muffelöfen. Die Muffel besteht in einem halbcylindrischen, vorn offenen und hinten geschlossenen, seltener aus Eisen als aus feuerfestem Thon angefertigten Körper, welcher auf dem Muffelblatte ruht. Beide sind entweder von einander getrennt oder in einem Stücke. Die auf eisernen Traillen oder Tragsteinen ruhende Muffel ist entweder von Mauerwerk umschlossen (feststehende Muffelöfen) oder sie befindet sich in einem transportablen, aus Thonplatten zusammengestellten Gehäuse oder in einem mit feuerfester Masse ausgefütterten Behälter aus Eisen (transportable Muffelöfen). Das Heizen der Muffel geschieht entweder mit verkohltem Brennmaterial (Holzkohlen- und Cokesöfen) oder mit flammegebendem (Steinkohlenöfen) oder mit Petroleum- und Leuchtgas (Gasöfen)[4]). Auf Hüttenwerken wendet man gewöhnlich Steinkohlen- und Holzkohlen-, seltener Cokesöfen an, in Münzwerkstätten kleine transportable Eisen-

1) Poggend. Ann. 15, 612. Tunner's Leoben. Jahrb. 1853, S. 252. 2) B. u. h. Ztg. 1853, S. 537. Dingl. 127, 114. 3) Dingl. 229, 159. 4) Mitth. d. Böhm. Archit.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 53. B. u. h. Ztg. 1870, S. 398; 1872, S. 235.

blechöfen (Münz- oder Feinprobenöfen) mit Holzkohlen- und neuerdings auch mit Gasfeuerung. Zuweilen werden mehrere Muffeln von einer Feuerung aus geheizt (Deville's Ofen[1]), Přibramer Oefen), wobei man die Hitze besser ausnutzt und für verschiedene Operationen passende, stufenweise abnehmende Temperaturen erzielt. Während die Steinkohlen- und Cokesöfen unterhalb der Muffel einen Rost besitzen, bleibt derselbe bei Holzkohlenöfen zuweilen weg. Die Steinkohlen- und Gasöfen gestatten eine bessere Regulirung der Temperatur als Holzkohlen- und Cokesöfen. Die Temperatur stimmt man durch mehr oder weniger starkes Feuern, Regulirung des Luftzutrittes und Oeffnen oder Verschliessen der Muffelmündung mit Kohlen.



Fig. 7.

Beispiele. Fig. 7 zeigt einen Münzofen mit Holzkohlenfeuerung. Die mit den Kapellen *a* versehene Thonmuffel *b* von 14 cm Länge, 7.5 cm Höhe, 9 cm Breite und 8 mm Wandstärke befindet sich auf Traillen in einem Behälter aus Eisenblech, innen 15 bis 20 mm stark mit feuerfestem, an Federn anhaftenden Thone bekleidet. Die Kohlen werden bei *c* eingeworfen und sowohl Muffelöffnung, als auch die Oeffnungen über und unter der Muffel sind zur Regulirung des Luftzutrittes mit Schiebern versehen. Zuglöcher an den beiden Seiten und in der Hinterwand der Muffel haben 3 cm Breite und 8 mm Höhe. Blechschornstein auf *c*.

Plattner's Steinkohlenmuffelofen[2]) (Fig. 8, s. S. 48) hat nachstehende Einrichtung: *a* Muffel aus feuerfestem Thon, 36.6 cm lang, 17.6 cm hoch und 34.2 cm weit, mit Zuglöchern und 2.4 cm Ansteigen nach hinten, auf dem Tragstein *b* und 3 Füssen *c* ruhend, sowie von dem Gewölbe *d* überdeckt. Zwischenraum zwischen Muffel und Wand 4.9 cm. *e* Esse von 14.7 cm Weite und 3—4 m Höhe. *f* Muffelöffnung 12 cm weit und 14.6 cm hoch, durch einen mittelst eines Griffes zu fassenden Vorsetzstein *g* verschliessbar. *h* Vorsetzstein in einem Schlitz oberhalb der Muffel. *i* Rost, 26.8 cm breit und 51.4 cm lang, 28.1 cm unter der Muffel. *k* Schürloch 22 cm hoch und 26.8 cm breit. *l* Schürlochsthür. *m* Aschenfall, hinten 76.8 cm hoch und 26.8 cm weit. *n* ins Freie mündender Canal von 22 cm Weite, behuf Zuführung von Luft durch den geknickten 9.8 cm weiten Zug *o* und *p* unter den Rost. *q* Schieber im Zugcanal *o*. *r* Aschenfallthür, 26.8 cm breit und 34.2 cm hoch.

Bei Přibramer Oefen liegt der Schürcanal an der Hinterseite.[3]) — Oefen von der allgemeinen Construction der Plattner'schen werden in Schemnitz[4]) entweder von hinten oder durch zwei seitliche Canäle mit Holzkohlen befeuert. — Perrot's Gasmuffelofen hat folgende Einrichtung (Fig. 9): *a* Thonmuffel mit feuerfestem Mantel *c* und Vorsetzer b. *e f g* Ofenwände aus Blech mit feuerfestem Futter. *A* Brenner mit Abtheilung *p*, in welche Leuchtgas bei *o* aus der mit Manometer *v* versehenen Röhre *u* tritt und durch enge Canäle in die Brennröhren *q* und *r* zieht, welche unten mit Schiebern *t* versehene Oeffnungen zum Luftzutritt haben. *s* verschiebbares Register zum Stellen der Schieber *t*. Die Flamme tritt aus den Düsen *w* durch die Oeffnung *d* in den Raum um die Muffel *a* und entweicht durch den Fuchs *k* in den mit Register *m* versehenen Schornstein *l*, welcher auch durch das Rohr *n* die aus der Muffelmündung etwa entweichenden Dämpfe aufnimmt. — Gasmuffelöfen von Lenoir und Forster in Wien werden von unten geheizt; Muffel ist von einem innen gerippten muffelförmigen Thonmantel mit von welchem das Muffelblatt in einiger Entfernung bleibt. Der

Muspratt's Chemie. 3. Aufl. 5, 1154. 2) Freiberger Jahrb. 1842, Erfahrungen 1857, S. 29. 4) B. u. h. Ztg. 1876, S. 353; 1877, S. 61.

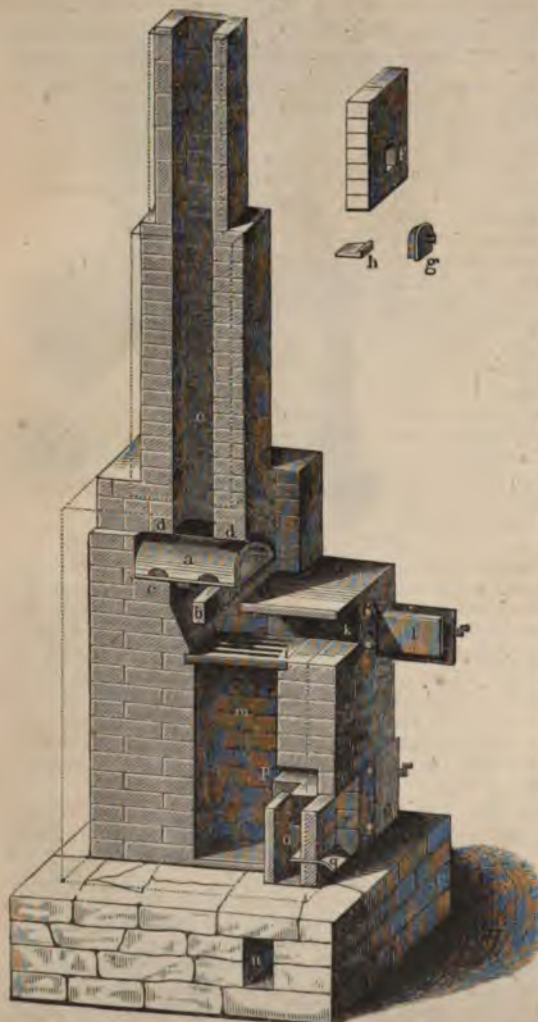
Mantelboden ist mit einem Schlitz versehen, unter welchem 4 Gasbrenner mit schnabelförmiger Mündung aufgestellt sind.[1])

Probirgefässe.

Die Probirgefässe für trockne Proben können bestehen:

1) aus Thon, je nach der zu erzeugenden Temperatur mehr oder weniger feuerbeständig; Gefässe daraus dürfen in der Hitze und bei Temperaturwechsel nicht reissen (Zusatz von Cementen), von den darin behandelten Substanzen möglichst wenig angegriffen werden (Zusatz der Cemente im gepulverten Zustande, glatte Oberfläche, dicker Boden, starkes Brennen) und müssen hinreichend dicht sein (Herstellung eines feinen gleichmässigen Kornes, sorgfältiges Formen und Trocknen und starkes Brennen). Mehr breite, als hohe Gefässe nennt man wohl Scherben, mehr hohe als weite Tiegel und wenn dieselben mit einem Fusse versehen sind, Tuten.

Fig. 8.

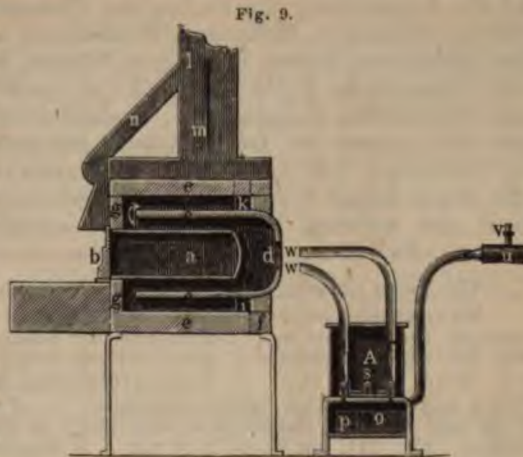


Beispiele. Es kommen am häufigsten zur Anwendung: Röstscherben (Fig. 10), flach, glatt, dünn und nicht sehr feuerbeständig, von 51 mm lichter Weite und 8 mm Tiefe, mit Kreide, Röthel oder Braunstein auszustreichen. — Ansiede- od. Eintränkscherben (Fig. 11), mit dickem Boden, dicht, innen glatt und tiefer, von 52 mm lichter Weite, 10—11 mm Tiefe und 9 mm Bodenstärke. — Gaarscherben (Fig. 12) aus dem Bruchstücke einer Bleitute bestehend, 70—80 mm lang. — Blei- und Kupfertuten (Fig. 13), deren abgeschlagener Fuss als Deckel *b* zu benutzen ist; im Bauche 47, oben 31 mm weit, im Lichten 83 mm hoch, ganze Höhe 110 mm. — Eisentuten (Fig. 14) mit Kohlenpulver *r* ausgefüttert; lichte Weite 45 mm, lichte Höhe 55 mm, ganze Höhe 90 mm. — Grosse und kleine Bleischerben (Fig. 15) von resp. 45 und 32 mm lichter und 52 und 39 mm ganzer Höhe, sowie resp. 43 und 33 mm lichter Weite oben. — Kupferprobentiegel (Fig. 16), grössere und kleinere von resp. 80 und

1) Sehr empfehlungswerthe, von unten mittelst Perrot'schen Brenners (S. 45) zu heizende Gasmuffelöfen liefert die Société genevoise pour la construction d'instruments de physique à Genève.

68 mm Durchmesser oben und 84 und 60 mm ganzer Höhe. — Eisenprobentiegel, mit Kohlenstaub ausgefüttert (Fig. 17), von 37 mm Höhe und 25 mm Durchmesser, nach der Ausfütterung von 22 mm Höhe und 10 mm Weite. — Graphittiegel, z. B. für Zinnproben, haben 80 mm oberen und 50 mm unteren Durchmesser, 74 mm lichte und 90 mm ganze Höhe. — Specksteintiegel von Göpfersgrün allmälig erhitzt, eignen sich zu allen Schmelzarbeiten, sind unschmelzbar, werden von Alkalien nicht angegriffen und beim Brennen härter.

Fig. 9.



2) Aus Schmiedeeisen.

Hierher gehören die Bleiprobentiegel (z. B. von Pellenz u. Reuleaux zu Ehrenfeld bei Cöln) mit und ohne Ausguss von 8—12 cm Höhe, 5—8 cm Weite, 10—12 mm Wandstärke und 2—3 cm dickem Boden.

Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.

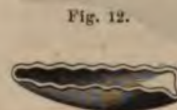


Fig. 13.



Fig. 14.



Fig. 15.



Fig. 16.



Fig. 17.



3) Aus Knochenmehl.

Kapellen (Fig. 7 *a*, s. S. 47) werden aus Knochenmehl in Formen (Mönch und Nonne) entweder geschlagen oder gepresst. [1]) Durch Zusatz von Seifensiederasche (Aescher) wird die Wärmeleitungsfähigkeit vermindert; auch wendet man wohl nur Gemenge von letzterer und ausgelaugter Holzasche an. — Gewöhnliche Freiberger Erzkapellen aus 3 Vol. Aescher und 1 Vol. Knochenmehl haben 35 mm äussern und 24—25 mm lichten Durchmesser bei 18 mm ganzer Höhe und 10—12 mm Vertiefung; Fein- oder Münzkapellen, aus 2 Vol. Knochenmehl und 3 Vol. Aescher, bei 26 mm ganzem und 18 mm lichtem Durchmesser oben und 14 mm ganze Höhe.

1) B. u. h. Ztg. 1868, S. 154.

Die **Probirgefässe für nasse Proben** sind meist der analytischen Chemie entlehnt.

Probir-geräth-schaften.

Die **Probirgeräthschaften** können zur Anwendung kommen: für die Vorbereitung des Probirgutes (Nehmen, Trocknen, Zerkleinern, Sieben, Schlämmen, Einwägen, Beschicken), zur Bedienung der Probiröfen (Schaufeln, Haken, Räumeisen, Krücke, Kohlen- und Aschensieb), zum Transport der Probirgefässe in und aus dem Ofen (gerade, Backen- und Gabelklüfte, Tiegelzangen, Probenbretter und Probenbleche) und zum Manipuliren im Ofen (Haken, Rührhaken, Löffel, Kühleisen), zur Aufnahme der aus dem Ofen transportirten glühenden Gefässe oder deren Inhalt (Probenbleche, Giessbleche, Eingüsse, Kornbleche), sowie zur weiteren Behandlung der erkalteten Proben (Röstspatel, Hämmer, Buckelbleche, Kornzange, Kornbürste, Magnetstab).

Von diesen Geräthschaften werden die folgenden allgemeiner angewandt:

Mengkapsel von Kupferblech (Fig. 18), etwa 140 mm lang und im halbkugeligen Theil 40 mm weit Durchmesser der Schnauze 20 mm. — **Röstspatel** (Fig. 19) mit Stahlschneide *a*, eisernem Knopf *b* und hölzerner Handhabe, 195 mm lang, Knopf 16 mm dick. — **Probenlöffel** von Messing, 180 mm lang, vorn 20 mm weit, hinten zum Spatel ausgeplattet. — **Probirkluft** (Fig. 20), 70 bis 90 cm lang, wohl mit Holzfutter an dem Theil, wo man sie anfasst. — **Tiegelzangen** (Fig. 21), die obere z. B. mit 1 m langem Stiel und 75 mm weit, die untere 130 mm weit.

Fig. 18.



Fig. 20.



Fig. 19.



Fig. 21.



Probir-Reagentien.

Die **Reagentien auf trocknem Wege** sind reducirende (Holzkohlen- und Graphitpulver, Weizen- oder Stärkemehl, Colophonium, Unschlitt, Cyankalium, Blutlaugensalz, Weinstein [1])), oxydirende (Salpeter, Glätte oder Bleiweiss), solvirende und zwar saure (Quarz, Glas, Borax, Phosphorsalz, Thon) und basische (Potasche, Soda, Aetzalkalien, schwarzer Fluss, Kreide, Flussspath, Bleioxyd, Eisenoxyd), ferner entschwefelnde (Eisen, Blutlaugensalz, Cyankalium, Aetz- und kohlensaure Alkalien, Salpeter), concentrirende (Antimon

1) Werthbestimmung in Fresen. Ztschr. 7, 149.

und Antimonoxyd, Arsen, Blei, Bleiglätte, Gold, Silber, Schwefelkies, Schwefel), zersetzend verflüchtigende (kohlensaures Ammoniak, Kohle, Kochsalz) und luftabschliessende, eine Decke bildende (Kochsalz, Glas, Eisenhohofenschlacke).

Der häufig angewandte schwarze Fluss, als Fluss- und Reductionsmittel dienend, besteht aus einem innigen Gemenge von kohlensaurem Kali und Kohle und wird dadurch erhalten, dass man gewöhnlich 1 Gewichtsthl. gereinigten Salpeter mit $2\frac{1}{2}$ Gewichtsth. rohem rothen Weinstein in Pulverform innig mengt, einen angewärmten Thontiegel zu $\frac{2}{3}$ mit dem Gemenge füllt und dasselbe unter einer gut ziehenden Esse durch einen hineingehaltenen glühenden Eisenstab zur Verpuffung bringt, worauf man den Tiegel bedeckt. Die schwarze erkaltete Masse wird zerrieben, gesiebt und wegen sehr hygroskopischer Beschaffenheit in einem gut verschliessbaren Gefässe aufbewahrt. Durch Veränderung des Verhältnisses der Ingredienzien kann man den schwarzen Fluss kohlenstoffreicher und daran ärmer (grauer Fluss) machen. Statt desselben bedient man sich häufig eines bequemer zu bereitenden Gemenges von gereinigter Potasche mit 20—25 Proc. Roggenmehl. Für kräftige Reductionen kann die Menge des letzteren auf 30—35 Proc. (Kupferproben) und selbst bis auf 50 Proc. (Zinnproben) vermehrt werden.

Die Reagentien auf nassem Wege stimmen mit den in der analytischen Chemie gebrauchten überein.

Neuerdings findet die Bestimmung mancher Metalle (Kupfer, Nickel, Kobalt u. s. w.) einfach und scharf auf elektrochemischem Wege [1]) statt und bedient man sich als Elektricitätserreger sehr bequem der thermoelektrischen Säule von Clamond. [2])

Köhler [3]) hat ein Verfahren zur annähernden Ermittlung des Metallgehaltes in Erzen durch Bestimmung ihres specifischen Gewichtes angegeben.

31. Mechanische Vorbereitungsoperationen. Zur Beförderung der Action können die Erze u. s. w. vor der chemischen Behandlung folgenden mechanischen Vorbereitungsprocessen unterworfen werden: Zweck.

1) Zerkleinerungsarbeiten. Während der Theorie nach die Pulverform der Erze wegen Vermehrung der die chemische Wirkung begünstigenden Oberfläche stets die geeignetste sein sollte, so wird sie doch häufig gemieden, z. B. beim Rösten in Haufen, beim Schmelzen in Schachtöfen, zuweilen auch in Flammöfen (englischer Kupferhütten-Process) u. s. w., weil sich der Schlieg dicht auf einander legt und den zur Einleitung der Reaction dienenden heissen Verbrennungsgasen Widerstand entgegensetzt, so dass man die Schliege zuweilen, wenn sich ihre Entstehung z. B. bei der Aufbereitung nicht vermeiden lässt, durch Sinter- oder Schlackenrösten (S. 31), sowie durch Einbinden mit Kalk, Thon, Vitriollaugen u. s. w. in Bruchstückform bringt. Auch setzt sich der Schlieg wohl in die Poren des Brennmaterials (grossblasige Cokes) und incrustirt dasselbe beim Schmelzen. Zerkleinerungsarbeiten.

a) Vorrichtungen zur gröblichen Zerkleinerung. [4])

α) Hämmer und zwar Handhämmer (meist nur bei billigen Löhnen und Kleinbetrieb, aber auch für Grossbetrieb, wenn es sich um Ausscheidung schädlicher Stoffe — Kiese und Phosphorit aus Eisenerzen — handelt oder die zähe Beschaffenheit des Materials Maschinenbetrieb nicht zulässt — Minette —), oder Hammerwerke (Pochhämmer, Patschhämmer, Hammerpochwerke) [5]), namentlich

---

1) B. u. h. Ztg. 1869, S. 181 (Luckow); 1875, S. 155; 1877, S. 5, 88 (Schweder); 1878, S. 26.
2) B. u. h. Ztg. 1875, S. 155, 251, 303.
3) B. u. h. Ztg. 1878, S. 150.
4) Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 57. Derselbe, Thonwaarenindustrie 1878, S. 138. Percy-Wedding's Eisenhüttenkunde 2, 519. Ledebur, Verarbeit. d. Metalle auf mechan. Wege 1877, S. 395, 480. Rühlmann, Maschinenlehre 2, 307. v. Kerpely, Anlage von Eisenhütten. Leipzig 1876. Lief. 2. S. 278. Gaetzschmann, Aufbereitung I, 146; II, 631. Sonstige Citate bei Aufbereitung, S. 37.
5) Durand's Hammermaschine in Thonindustriezeitung 1878, No. 40.

bei harten Körpern (Eisenerze); seltener Dampfhämmer (England mit rostartig durchbrochenem Ambos und früher zu Porta-Westphalica), als von Wasserrädern, Turbinen oder Dampf bewegte Schwanzhämmer (Fig. 22): *A* Ambosstock mit Ambos *a*. *B* gegen den Helm rechtwinklig liegende Betriebswelle mit den Druckdaumen, welche den Schwanz *D* gegen den darunter stehenden Prellklotz *A* schlagen. *b* Hammerkopf, gewöhnlich von 200—300 kg Gewicht bei 25—60 cm Hubhöhe und 100—300 Schlägen pro Minute. Die Hämmer geben weniger Staub, als Pochwerke, und man erspart den hohen Pochstuhl nebst Zubehör (Schweden).

β) Stempelpochwerke, bestehend aus in einem Gerüste vertikal geführten eisernen oder hölzernen Stempeln *a* (Fig. 23), an dem den eisernen Schuh aufnehmenden conischen Ende *b* mit Ringen *c* versehen. Die Stempel werden der Reihe nach mittelst an der Motorwelle befindlicher Daumen an Hebelingen gehoben

Fig. 22.

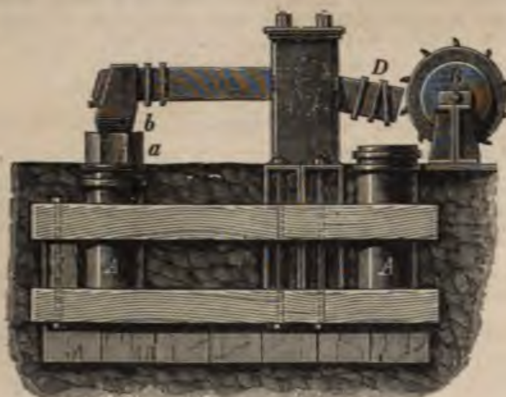


Fig. 23.

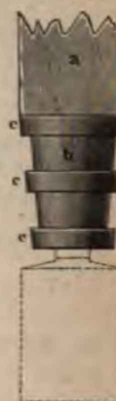


Fig. 24.



Fig. 25.



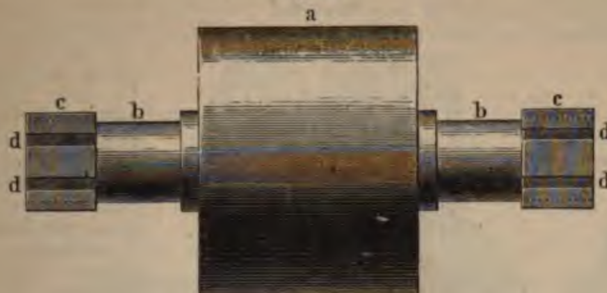
und fallen gelassen, wobei die Stempel zweckmässig eine langsam drehende Bewegung erhalten. Man wendet die Pochwerke besonders für harte Erze an und giebt ihnen, damit nicht zu viel Staub erfolgt, eine rostartig durchbrochene Pochsohle (Fig. 24, 25).

γ) Walzwerke (Walzenquetschen), aus zwei neben einander liegenden glatten (Fig. 26) oder geriffelten Walzen (Fig. 27) bestehend, welche rotiren und mittelst Trichters dazwischen gestürztes Material zermalmen, wobei, wenn zu grosse oder zu harte Stücke vorhanden sind, die eine Walze ausweichen kann. *a* Walzenmantel, gewöhnlich aus Hartguss. *b* Zapfen. *c* Kopf, mit Nuthen *d* zum Befestigen der Kuppelungen durch Splinte versehen. Es können auch mehrere Paare Walzen über einander angeordnet sein. — In Schwarzmann's Frictions- und Scheibenwalzwerk [1]) nimmt eine an horizontaler Axe befestigte Frictionsscheibe durch Reibung zwei senkrecht stehende Walzen mit, deren Axen gegen die der Scheibe normal gerichtet sind. Die Walzen werden durch Gummipuffer an die Scheibe gedrückt und das Material zu beiden Seiten der

1) Dingl. 216, 401.

letzteren in Trichtern aufgegeben. Die Walzwerke geben weniger Staub, als Pochwerke und fördern beträchtlich, nur dürfen die Materialien nicht zu hart sein.

Fig. 26.



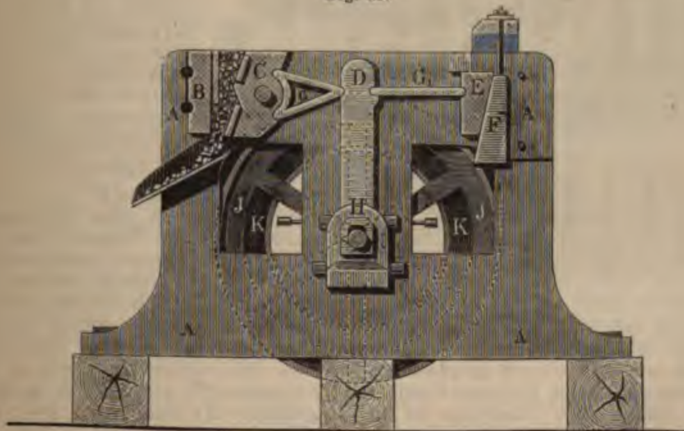
δ) Steinbrechmaschinen (Backenquetschen)[1]) geben, weil das Material nicht in rollende Bewegung versetzt wird, weniger Staub als Walzwerke bei bedeutender Production. Von der grossen Anzahl vorgeschlagener Constructionen sei Marsden's Maschine (Fig. 28) erwähnt: *A* festes Gestell. *B* feste Brechbacken. *C* beweglicher Brechbacken mit Stahlplatten bekleidet und durch Kniehebel *G* G_1 und die Schubstange *D* an dem Excenter der Welle *H* gegen *B* zu bewegen und dazwischen gebrachte Stücke zerbrechend. *J* Schwungräder und *K* Riemenscheibe auf der Welle *H*. *E* und *F* Stellkeile zur Regulirung des Grades der Feinheit.

Fig. 27.



ε) Rammen. Dieselben dienen u. A. zur Zerkleinerung grosser Roheisenstücke behufs Verwendung zum Frischen. Auch lässt man wohl eine Kugel aus grösserer Höhe auf starke Eisenstücke fallen. (Eisensauen hat man mit Nitroglycerin oder Dynamit gesprengt.)

Fig. 28.



1) Gaetzschmann, Aufbereitung II, 600. Kerl, Thonwaarenindustrie, 2. Aufl., S. 144.

ζ) Granulirvorrichtungen. Wasserbehälter in Gestalt von Kästen oder Kesseln, in welche man die geschmolzenen Substanzen aus Tiegeln, Schacht- oder Flammöfen in dünnem Strahl einfliessen lässt, wobei das Wasser entweder ruhig bleibt (Kupfersteine) oder mittelst Besens umgerührt (Gold, Silber) oder der Metallstrahl von einem Wasserstrahl getroffen wird (Roheisen, Kupfer). Zuweilen setzt man einen kleineren, im Boden mit einem Loche versehenen Kessel in einen grösseren, wo dann die Granalien gleich nach ihrer Bildung in den Zwischenraum zwischen beiden Kesseln gelangen (Oker'sche Goldscheidung). Auch giebt man wohl der Ausflussrinne noch eine Querrinne mit kesselförmigen Vertiefungen an beiden Enden und Randausschnitten in denselben zur Vertheilung der flüssigen Masse in mehrere Strahlen (Mansfelder Kupferschieferöfen). Als Beispiel diene ein Oker'scher Kupfergranulirofen (Fig. 29, 30): *a* Fundament. *b* Grundabzug. *c* Rauhgemäuer. *d* Schlackenloch. *e* Stichloch. *f* eiserne mit Gestübbe *z* ausgekleidete Gosse. *g* Formen. *h* Feuerungsraum. *i* Schürloch. *k* Feuerbrücke. *l* Flammloch. *m* Haube mit Kühlloch und Deckel *n*. *o* Verankerungssäule. *p* Schlackenherd. *q* Barnsteinherd. *r* Schmelzsohle aus Gestübbe u. Mergel. *t* Rost. *u* Windstock. *v* Granulirfass mit eisernem Deckel. *w* Wasserrinne. *x* Wasserbottich. *y* Oeffnung im Deckel zum Einfliessen des Kupfers, welchem ein Wasserstrahl aus *w* entgegentritt.

Fig. 29.

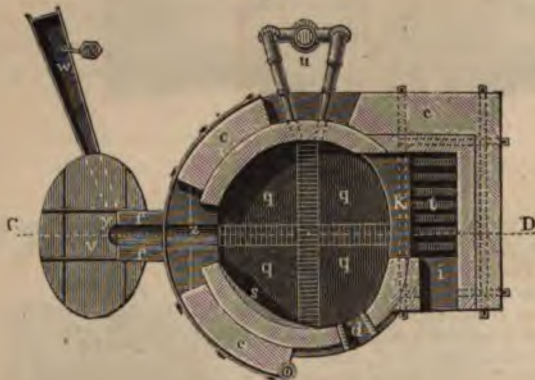
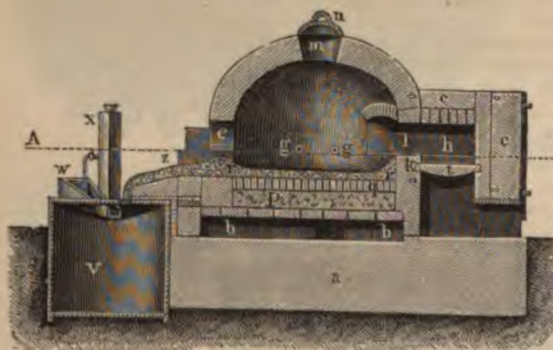


Fig. 30.



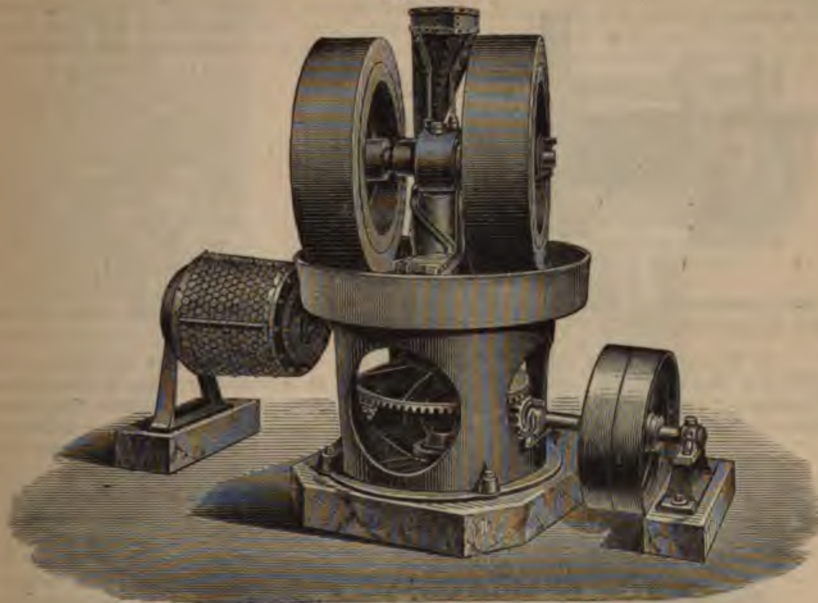
b) Vorrichtungen zur staubförmigen Zerkleinerung.

α) Kollermühle (Walz- oder Quetschmühle, Koller- oder Trottgang).[1] Zwei aufrechtstehende, an einer horizontalen Axe befestigte Walzen, Mühlsteine oder Läufer (Fig. 31) bewegen sich im Kreise in einer eisernen Schale und zermalmen das durch einen Trichter in der Mitte aufgegebene Material, welches dann in eine Siebtrommel gelangt, von wo die Gröbe durch ein Becherwerk wieder in den Trichter geschafft wird. Ein eigenes Scheer- und Rechwerk schafft das Material in der Schale fortwährend vom Centrum nach der Peripherie hin. Bei neueren Constructionen rotirt die Bodenplatte bei stabilen Mühlsteinen, wodurch ein leichterer Antrieb, grössere Bequemlichkeit der Manipulationen und grössere Leistungsfähigkeit erzielt wird. Zuweilen ist die Bodenplatte zur Entfernung des Feinern durchlöchert. Hanctin's Kollergang[2]) hat gefurchte Läufer.

1) Dürre, Giessereibetrieb 1, 694. v. Kerpely c. l., 1. Lief., 1873, S. 18. Kerl, Thonwaarenindustrie, S. 139. 2) Rühlmann c. l. 2, 324.

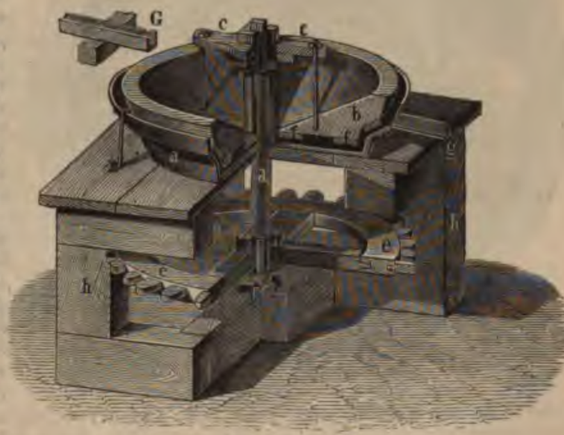
β) **Mahlmühlen** nach Art der Getreidemühlen mit zwei übereinander laufenden horizontalen Steinen. Dieselben geben höchst feines Material (z. B. für nasse Entsilberungsprocesse, die Amalgamation, zum Emaillemahlen u. s w.). Das Mahlen kann

Fig. 31.



trocken oder nass geschehen. Von ähnlicher Wirkung sind die **Goldamalgamirmühlen** oder **Quickmühlen** (Fig. 32): *a* gusseiserne Schale, auf dem Mühlstuhle *h* befestigt. *b* hölzerner Läufer, mittelst Querarmes *c* auf der durch das Rad *e* bewegten Axe *d* aufgehängt. *G* Rinne zur Zuführung des Mahlgutes zwischen Läufer und Schale. *f* eiserne Rührkämme. *g* Abflussgerinne.

Fig. 32.

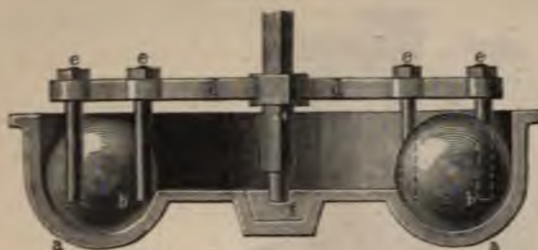


In **Dingey's Erzmühle**[1]) rotiren an einer stehenden Axe eine Anzahl horizontaler Scheiben mit grosser Geschwindigkeit, welche auf einem sich entgegengesetzt bewegenden gusseisernen Teller aufliegen. In **Stephen's Mühle**[2]) rotirt eine schwere Scheibe auf festem Boden. Die **Bogardusmühlen**[3])

1) Dingl. 204, Heft 6. Mittheilung. d. Hannöv. Gew.-Ver. 1876, Heft 3. Oest. Ztschr. 1878, No. 23. 2) Rühlmann c. l. 2, 318. 3) Ebend. S. 282.

haben excentrisch gestellte Mahlscheiben, wodurch die Zahl der Schnittstellen sehr vermehrt wird. Diesen Mühlen ähnlich ist **Neuerburg's** Mineralnassmühle [1]), bei welcher aber eine directe Uebertragung der Bewegung von der Umtriebsmaschine auf beide Scheiben ausgeführt wird. **Kaffeemühlen** ähnliche Apparate dienen z. B. zur Zerkleinerung von Kohlen.

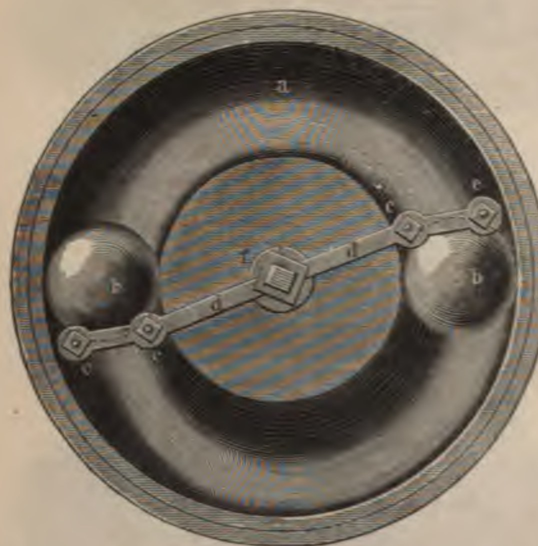
Fig. 33.



γ) **Schlepp- und Blockmühlen.** [2]) Eine stehende Welle auf einem Bodenstein hat 3 oder 4 horizontale Arme, an welchen wieder verticale Arme befestigt sind, welche lose Steinblöcke vor sich herschieben (Blockmühlen) oder an Ketten nachschleifen (Schleppmühlen), in Amerika häufig bei der Amalgamation der Gold- und Silbererze angewendet.

δ) **Kugelmühlen** oder **Kugeltrommeln.** [3]) Um eine Axe rotirende Gefässe mit Metallkugeln, welche das Material (z. B. Formmaterialien, Kohle) beim Umgang der Trommel zerkleinern. Bei nicht zu hartem Material gestatten sie, ohne dass es stäubt, eine vollständige Zerkleinerung bei grosser Production und geringen Anlagekosten. In **Brückner-Sachsenberg's** Apparat wird das Feine durch ein Sieb entlassen, die Gröbe aber durch Fangschaufeln immer wieder in die Trommel zurückgebracht (z. B. im Mansfeldschen zum Zerkleinern der Kupfersteine [4]) in Anwendung). In **Hanctin's** Mühle [5]) rollt eine grosse Anzahl von Kugeln (gewöhnlich mehrere Hundert) zwischen concentrischen Cylindermänteln in Vertiefungen des Innencylinders und in dem engen Raume zwischen beiden Cylindern.

Fig. 34.



Nach einer andern Einrichtung rollen in einem horizontalen gusseisernen Becken mit Rinnen *a* zwei (in **Huygens'** Erzmühle drei) Kugeln *b* (Fig. 33, 34), von einer in der Pfanne *f* stehenden Spindel *c* dadurch herumbewegt, dass Arme *d* an die Spindel angesteckt sind, von deren jedem rechenartig zwei Stäbe *e* herabgehen und die Kugeln vor sich hertreiben, nach Art der Blockmühlen.

---

1) **Dingl.** 228, 229. — Mühle von **Heberle** in B. u. h. Ztg. 1878, S. 159. 2) **Gaetzschmann**, Aufbereitung 1, 562; Nachtr. zu Bd. 2, S. 674. **Kerl**, Thonwaarenindustrie, S. 117. **Rühlmann** c. l. 2, 329. **Dürre**, Giessereibetrieb 1, 693. 3) Notizblatt d. deutsch. Zieglervereins 12, 10, 13, 47. **Rühlmann** c. l. 2, 336, 699. 4) Ebend. 5) Revue universelle 1876, p. 105.

ε) Carr's Desintegrator (Schlägermühle).[1]) Zwei in einander steckende, nach verschiedener Richtung rotirende Trommeln (Fig. 35) mit schmiedeeisernen oder stählernen Schlagstäben an der Peripherie, an denen die Massen beim Anschlagen zerkleinert werden. Sie gelangen dann in den Zwischenraum zwischen Trommel und dem dieselbe umgebenden Mantel (früher in Beutel) und werden von hier durch ein Paternosterwerk weggeschafft. Die Maschinen erfordern eine grössere Kraft und öftere Reparaturen, sind aber sehr leistungsfähig und namentlich beim Zinkhüttenbetrieb in Anwendung (Moresnet), zum Zerkleinern von Brennstoffen u. A.

Fig. 35.



ζ) Centrifugal- oder Schleudermühlen. Dieselben beruhen auf dem Principe der Centrifugen. Rostaing[2]) lässt flüssige Metalle, Legirungen, Leche u. s. w. durch einen Trichter auf die Mitte einer rasch rotirenden, mit feuerfestem Thon überzogenen Gusseisenscheibe treten, welche die Masse in einem abgeschlossenen Raume durch die Luft schleudert und dabei fein zertheilt. — Bei Rittinger's[3]) Schleuderapparat ist eine an einer verticalen Welle befestigte und mit 6 Flügeln versehene Scheibe von einem gusseisernen Cylinder mit gezahnten Wänden umgeben, gegen welche das Material geschleudert wird. Vapart[4]) hat drei solcher Scheiben untereinander gelegt, welche der Reihe nach das immer feiner werdende Material gegen Zahnsegmente mit trichterförmigen Blechen darunter schleudern. — Bei einer amerikanischon Mühle der Boston Milling and Manufacturing Comp.[5]) ist die innere Bodenfläche des rotirenden schmiedeeisernen Cylinders mit eigenthümlichen Schneide- oder Spaltblöcken versehen, die innere Wand aber gitterförmig durchbrochen oder durchlöchert. — In Lucop's Mühle[6]) werden Walzen durch Centrifugalkraft gegen das Gehäuse angedrückt.

ϑ) Mörserapparate (Kolbenmühlen). Zu denselben gehört Renette's Apparat[7]), ein im untersten Theil offener Mörser mit birnenförmigem Pistill, dessen oberstes Ende sich excentrisch in kreisförmiger Schwingung mit einer Geschwindigkeit von 200 Schwingungen in der Minute bewegt. — (Schwarzkupfer lässt sich behufs der Amalgamation in breiigem Zustande mittelst Pistills zerreiben.) — Reibkeulen in gewöhnlichen Mörsern[8]) können durch maschinelle Kraft gleich einem umgekehrten conischen Pendel darin herumgeführt werden, wie in den Kolbenmühlen von Hermann (Fig. 36): *a* Reibkeule. *b* Schale. *c* Spindel. *d* Arm, mittelst Mutter *e* daran befestigt. *f* hohler Stiel der Reibkeule, in welchem ein Kolben sitzt, der mittelst der Schraubenspindel *g* in dem Ende des Armes *e* höher oder tiefer geschraubt werden kann. *h* Knopf zum Drehen der Schraubenspindel. *g* Gegenmutter zur Erhaltung der Spindel in ihrer Stellung. Die Spiralfeder stemmt

1) Kerl, Thonwaarenindustrie S. 113. Gaetzschmann, Aufber. 2, 657. B. u. h. Ztg. 1867, S. 249; 1872, S. 97. Dingl. 185, 137; 198, 196; 204, Heft 6. Norton's Maschine in Dingl. 1872, Zweites Märzheft. Pulverisirapparate von Wilson, Hall, Carter in Grothe's polyt. Ztschr. 1878, No. 37. Belbach's Maschine ebend., No. 41. 2) Dingl. 155, 372. 3) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 11, 672. v. Kerpely, Anlage von Eisenhütten 1873. Erstes Heft, S. 21. Gaetzschmann, Aufber. 2, 654. 4) Notizbl. d. Ver. deutsch. Ziegler u. s. w. 13, 165. 5) Michaëlis, die hydraul. Mörtel 1869, S. 172. 6) Dingl. 230, Heft 2. 7) Notizbl. d. Ver. deutsch. Ziegler u. s. w. 13, 45. 8) Rühlmann c. l. 2, 337. Gaetzschmann, Aufbereitung 1, 598.

sich gegen die Unterfläche des Kolbens und presst die Keule um so stärker in die Schale, je tiefer man *g* schraubt.

Trennungs-arbeiten.

2) Trennungsvorrichtungen[1]) zur Abscheidung schädlicher Substanzen oder zur Erzielung verschiedener Korngrössen auf trockenem und nassem Wege.

Fig. 36.



Fig. 37.



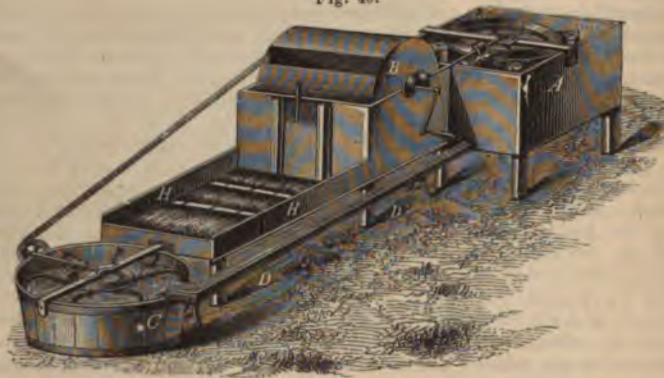
Fig. 38.



Fig. 39.



Fig. 40.

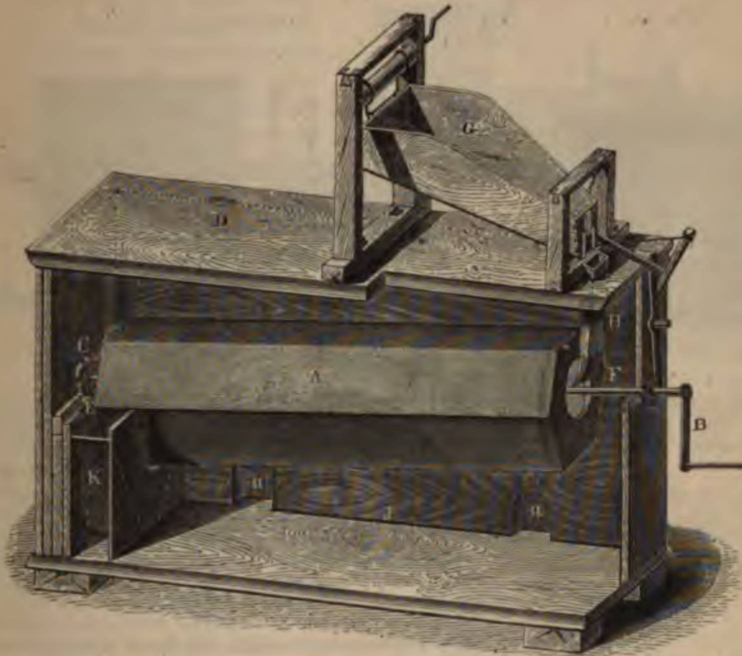


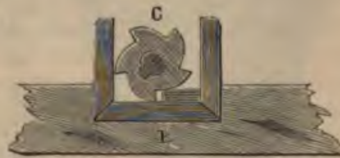
Beispiele. Handscheidung (Leche von Schlacken aus Schlackentöpfen); Schlämmen (geröstete Zinnschliege auf dem 420—470 mm langen, 160—210 mm breiten und 35—40 mm tiefen Handsichertrog, Fig. 37, 38; goldhaltiger Schlieg in der in Rotation versetzten Schale (batea) Fig. 39, von 785 mm Durchmesser, in deren Vertiefung *a* sich das Gold absetzt; oder Fig. 40: *A* Mühle mit 2 Steinen, aus welcher die goldhaltige Trübe zum Amalgamator *C* fliesst, *B* Rührwerk zur Trennung

1) Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 61. v. Kerpely, Anlage von Eisenhütten, S. 16, 22.

thoniger Theile von gröberen und härteren Steinen, welche erstere über den Herd *H* fliessen, während letztere im Kasten zurückbleiben; elektromagnetische Scheidung (für magnetisch gemachte Eisenerze [1]), kupfer- und schwefelkieshaltige Magneteisensteine [2]), blendige geglühte Spatheisensteine [3]), apatithaltige Eisenerze [4])); Sieben in Durchwürfen, Rättern oder Stosssieben, Trommeln oder Cylindersieben, Fig. 41: *A* Sieb mit etwa 5° Neigung, durch eine Kurbel *B* in dem

Fig. 41.





staubdichten Kasten *D* zu bewegen, *C* Schnecke an der Kurbelaxe, in einem unterbrochen gradlinigten Lager (Schlag) *E* langsam steigend und rasch fallend zur Hervorbringung einer stossweisen Erschütterung, *F* hölzerne Schnecke vorn an der Kurbelaxe, zur schüttelnden Bewegung des Rumpfes *G*, aus welchem das Material durch die Lutte *H* dem Siebe zugeführt wird, *I* Abtheilung im Kasten *D* zur Ansammlung des Siebfeinen, *K* desgleichen für die Gröbe. *a* Ausräumöffnungen, mit Schiebern verschliessbar.

3) Mengungsarbeiten. [5]) Selten kann eine Erzsorte ohne Weiteres für sich verschmolzen werden, sondern dieselbe bedarf einer Vermengung mit anderen Erzen (Gattiren) oder mit Zuschlägen (Beschicken), zuweilen auch einer Umwandlung der Pulverform in Stückform (Einbinden). Auch kommen Mengarbeiten mit verschiedenen anderen Materialien vor. Mengungsarbeiten.

1) B. u. h. Ztg. 1861, S. 378. 2) B. u. h. Ztg. 1862, S. 101. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875, S. 180. Gaetzschmann, Aufbereitung 2, 563. 3) Oest. Zeitschr. 1873, No. 45. Oest. Jahrb. 21, 262. 4) B. u. h. Ztg. 1877, S. 293. 5) Neuerburg's Mischmaschine in Dingl. 229, 249. Mischmaschine für Schlackensand und Kalk in B. u. h. Ztg. 1878, S. 432.

Mengen.

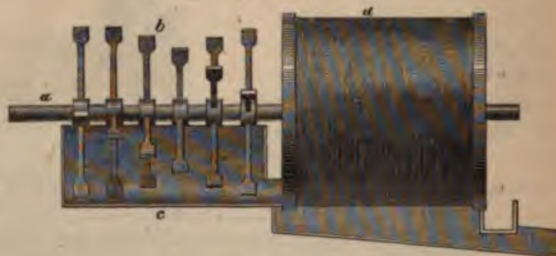
a) Mengen von verschiedenen Materialien, ausser Erzen. Solche können z. B. sein: Formmaterialien (Lehm, Sand, Kohlenstaub), Materialien zum Zumachen der Oefen (Gestübbe, Mergel) u. s. w.

Beispiele. Als Mengapparate bedient man sich, wenn ein Umschaufeln der Massen nicht allein genügt, zum Theil der bei den Trennungs- und Zerkleinerungsarbeiten angegebenen Vorrichtungen (Pochwerke, Kollermühlen, rotirende Trommeln,

Fig. 42.

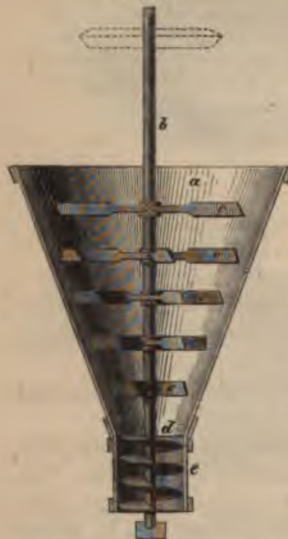


Fig. 43.



Desintegratoren, Siebe u. s. w.), für nasse Substanzen wohl der Knetwerke (Thonschneider) und Rührvorrichtungen, Fig. 42: *O* eiserner Cylinder mit 16 in 2 Reihen eingesetzten Rührern, durch die Kurbel *m* an der Welle *S* zu bewegen. — Fig. 43: *a* Welle mit schaufelartigen Armen *b* im Troge *c*, aus welchem das Aufgerührte in die Siebtrommel *d* gelangt. — Fig. 44: *a* trichterförmiger Behälter mit Welle *b*, an welcher in einer Schraubenlinie schräggestellte Klingen *c*. *d* Schraubengang mit cylindrischem Ansatz *e*. Durch die schnellere oder langsamere Umdrehung regelt der Schraubengang die Menge des unten austretenden Schlammes, welchen ein Rumpf *a* (Fig. 45) aufnehmen kann, um durch eine Schnecke *b* in dem Rohr *c* forttransportirt zu werden. Zuweilen dient Wasserdampf [1]) zum Aufrühren (Pattinsoniren, theilweises Raffiniren des Bleies zur Antimonentfernung).

Fig. 44.



Gattiren.

b) Gattiren (Mischen, Maschen) ist ein Vermengen ärmerer und reicherer Erze derselben Art zur Erzielung eines mittleren, für das Ausbringen zweckmässigsten Metallgehaltes und eines für das Schmelzen möglichst günstigen Erdenverhältnisses (Gattiren kieseliger, thoniger und kalkiger Erze).

Es ist hüttenmännischer Grundsatz, dass für das beste Metallausbringen ein gewisses quantitatives Verhältniss zwischen dem auszubringenden Metall und den schlackenbildenden Substanzen vorhanden sein muss, damit ersteres von der gebildeten Schlacke gegen die Einflüsse von Gebläsewind, Zugluft u. s. w. im Herde hinreichend geschützt ist (z. B. auf 100 Holzkohlenroheisen 70—80, Cokesroheisen 100—200 Theile Schlacke). Bei zu reichen Erzen ist die Schlackendecke zu dünn, bei armen zu stark

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 258 (Przibram).

und es bleiben dann letzteren Falles leichter haltige Bestandtheile in derselben vertheilt bei gleichzeitig grossem Brennstoffaufwand. Der zu erzielende mittlere Metallgehalt variirt nach dem Gehalt der angelieferten Erze. Chemische Analysen geben das beste Anhalten zur Erzielung eines richtigen Erdenverhältnisses für die Schlackenbildung (s. Schlacken im 5. Abschn.).

Fig. 45.



Das Verfahren beim Gattiren besteht darin, dass man die verschiedenen Erzsorten auf dem Mischungsplatze in dünnen Lagen über einander ausbreitet und behuf der Verwendung verticale Abstiche macht. Bei einem gewissen Inhalt einer Mischung (Masche) theilt man wohl die Oberfläche derselben durch Furchen in Quadrate, deren jedes dann, ohne abwägen zu müssen, ein bekanntes Gewicht hat.

Beschicken.

c) Beschicken. Ein Vermengen der ungattirten oder gattirten Erze mit Zuschlägen und Flüssen, welche dienen: entweder zur Herstellung eines passenden Erdenverhältnisses, wenn solches sich nicht durch Gattiren erzielen liess; zur Abscheidung oder Ansammlung des auszubringenden Metalles; zur Entfernung schädlicher Bestandtheile durch Verflüchtigung oder Verschlackung; zur Verwerthung noch metallhaltiger Abfälle.

Während man früher bei Herstellung der Gattirung und Beschickung empyrisch zu Werke ging und sich mit langwierigem Ausprobiren behalf, so gelangt man in neuerer Zeit weit rascher zum Ziele durch Zuhülfenehmen der Lehren der Stöchiometrie, der Analysen von den Schmelzmaterialien und der später mitzutheilenden Erfahrungen über die Schlackenbildung, welche letzteren indes noch manche Lücke lassen.

Lage d. Beschickungs-Bodens.

Der Ort zur Herstellung der Beschickung (Beschickungs-, Gicht-, Möller- oder Vormassboden, Möllerbette, Schichtsaal) liegt zweckmässig nahezu im Niveau der Ofenmündung; bei tieferer Lage desselben bedient man sich zum Heraufholen der Beschickung von der Hüttensohle ansteigender Auffahrtbrücken oder maschineller Vorrichtungen (Gichtaufzüge) und bei mehreren Oefen werden deren Gichten durch eine mit Schienengeleisen versehene und mit einem Aufzugsthurm communicirende Gichtbrücke verbunden. In ökonomischer Hinsicht empfiehlt es sich, die Hütten an Bergabhänge zu legen, damit die Förderung der Materialien von oben nach unten geschehen kann.

Die Gichtaufzüge [1]), deren Auswahl hauptsächlich von vorhandenem Wassergefälle, klimatischen Verhältnissen, Stellung des Ofens, Ueberschuss von billiger Gebläseluft u. A. abhängt, können sein:

α) Handaufzüge in Gestalt von Haspeln mit oder ohne Vorgelege, nur bei geringen Förderhöhen anwendbar.

β) Maschinenaufzüge. Die Förderung geschieht seltener durch ein Wasserrad, als durch eine Dampfmaschine, und es findet letzteren Falls die Förderung auf geneigter oder verticaler Bahn statt. Verticale Dampfaufzüge, am häufigsten angewandt, arbeiten schneller und bedürfen weniger Raum, als geneigte. Hierher

1) v. Hauer, Hüttenwesensmaschinen 1876, S. 260. Kerl, Grundr. d. Eisenhüttenkunde, S. 178. Ledebur, Verarbeit. d. Metalle auf mechan. Wege 1877, S. 66.

gehören auch die viel Reparaturen erfordernden Paternosterwerke mit an einer Kette ohne Ende laufenden Fördergefässen. Bei Mechwart's Aufzug [1]) geschieht die Bewegung durch Riementransmission.

γ) Wassertonnenaufzüge (Wasserwagen, Balancen), bei denen ein mit Wasser gefüllter Behälter an einem über Seilscheiben gehenden Drahtseil einen gleichen leeren Behälter mit darauf stehendem Fördergefäss emporzieht, indem ersterer niederwärts geht; ein sehr einfacher, namentlich bei vorhandenem Wassergefälle sich empfehlender Apparat, welcher aber gegen Frost geschützt werden muss.

δ) Hydraulische und pneumatische Aufzüge, bei welchen in einem Cylinder ein Kolben, welcher das Gefäss auf einer Plattform trägt, durch Wasser- oder Luftdruck emporgetrieben wird. Letzteren Falls wendet man entweder überflüssige Gebläseluft an oder macht sich vom Gebläse durch besondere Compressionspumpen unabhängig. Auch saugt man wohl mittelst Luftpumpe den Cylinder über dem Kolben luftleer, wo derselbe dann durch den Atmosphärendruck emporgetrieben wird. Die pneumatischen Maschinen sind sehr leistrungsfähig und bedürfen geringer Reparaturen.

Anfertigung der Beschickung.

Die Herstellung der Beschickung geschieht auf die Weise, dass man entweder das Erz zu einem oblongen oder quadratischen Haufen aufstürzt und die Zuschläge darüber ausbreitet oder letztere mit dem Erze schichtet. Ein solcher Haufen (Schicht, Beschickung, Vormass, Vorlauf, Möller) ist gewöhnlich für eine gewisse Schmelzzeit (12 oder 24 Stunden) bestimmt.

Einbinden.

d) Einbinden der Schliege. Behuf der Röstung in Haufen und Stadeln, sowie der Behandlung in Schachtöfen verwandelt man Schliege, wenn nicht durch Sinternlassen in höherer Temperatur (S. 31), in Bruchstücke durch Befeuchten mit Wasser und Verwitternlassen [2]) oder Vermengen mit Adhäsionsmitteln (Kalk, Thon, essigsaurem Bleioxyd, Vitriolmutterlaugen, Schwefelsäure), schlägt oder presst die Masse in Formen zu Briquettes oder Stöckeln [3]) oder formt sie mit der Hand zu Batzen, trocknet dieselben am Besten durch verlorene Wärme, brennt sie auch wohl noch zur Erzielung grösserer Festigkeit und zerbricht grössere Stöckel in kleinere Bruchstücke. Man rührt die Schliege wohl in Kalkmilch bis zur erforderlichen Consistenz ein oder breitet die Massen in einem Kasten in Lagen abwechselnd übereinander aus, feuchtet diese gleichmässig an und schaufelt gut um. Werden die Schliege nicht eingebunden, so bedarf's beim Schmelzen behuf der hinreichenden Vorbereitung höherer Oefen und grösserer Schlackenzuschläge zur Auflockerung, als bei Stückform, und es entsteht mehr Flugstaub.

Einbinden von Bleierzen, Bleirauch und mulmigen Eisensteinen u. s. w. in Kalkmilch, von gepulverten Schwefelkiesrückständen, Eisenfrisch- und Puddelschlacken nebst Kohlenstaub, auch wohl mit manganhaltigen Substanzen in Kalkmilch, Mansfelder Silberextractionsrückstände früher in Thon (jetzt directes Verschmelzen in Flammofen), gold- und silberreiche Krätzen mit Glätte, schwefelsaurem und essigsaurem Bleioxyd, Kupfererzklein mit Eisenvitriolmutterlauge, welche beim Rösten ihre Schwefelsäure entlässt; Eisenfrischschlackenpulver oder Eisenerz in fetten Steinkohlen bei deren Vercokung (Schlackencokes), Blei-, Silber- und Kupfererze mit brennbaren Stoffen (Theer, Torf, Petroleumrückständen; Freiberger reiche Silbererze und Lehm zu Kugeln geformt und beim Bleierzschmelzen zugesetzt) u. s. w. Zuweilen formt man ein schlammiges Product ohne alle Zusätze in Ziegelform (Stolberger Brauneisenstein). [4])

---

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 279. 2) B. u. h. Ztg. 1876, S. 394. 3) Oest. Ztschr. 1861, No. 41 u. 50; 1862, No. 23. B. u. h. Ztg. 1862, S. 422; 1871, S. 224. 4) B. u. h. Ztg. 1863, S. 155.

2. Capitel. **Zuschläge und Flüsse.**

32. Zweck und Eintheilung derselben. Wie bereits bemerkt, bedarf's beim Verhütten der Erze meist gewisser Zusätze, welche zur Abscheidung der nicht nutzbaren Bestandtheile in Erzen behuf Isolirung der nutzbaren als Metall, Legirung, Lech, Speise u. s. w. dienen (Zuschläge), auch als Auflockerungsmittel wirken. Insofern die Zuschläge zur Regulirung des Verhältnisses der Schlacke gebenden Bestandtheile dienen sollen, nennt man sie auch wohl Flüsse. Auch auf nassem Wege bedient man sich der verschiedensten Agentien zum Lösen, Aufschliessen, Fällen, Oxydiren, Reduciren u. s. w. Zweck.

Es lassen sich für trockene Processe unterscheiden: Classification.

1) Röstzuschläge, welche reducirend (Kohle), sulfatisirend (Eisenvitriol, schwefelsaures Natron [1]), absorbirend (Aetzkalk), chlorirend (Kochsalz), oxydirend (Wasserdampf) und schwefelnd (Schwefelkies zur Entfernung von Arsen aus Kupfererzen) wirken können.

2) Schmelzzuschläge und zwar:

a) zum Solviren, als: kieselsäurehaltige Substanzen (Quarz; Mineralien und Gebirgsarten, z. B. Granat, Hornblende, Augit, Feldspath, Chlorit, Thonschiefer; saure und basische Schlacken, Thonschiefer); thonhaltige Substanzen (Thon von wechselnder Zusammensetzung, Bauxit); kalkhaltige Substanzen (Kalkspath, reiner Kalkstein, Braunspath, Dolomit, Mergel, Flussspath, welch letzterer sowohl durch seinen Kalk- als Fluorgehalt auf Kieselsäure wirkt, grossen Theils aber unzerlegt in die Schlacke geht und die Schmelzbarkeit und Leichtflüssigkeit der ganzen Masse befördert, auch mit schwefelsaurem Baryt, schwefelsaurem und phosphorsaurem Kalk zusammenschmilzt, mit letzterem bei Zusatz von schwefelsaurem Natron dünn wie Wasser); alkalische Substanzen (Potasche, Soda, Glaubersalz, Kochsalz, Borax, Salpeterraffinirrückstände);

b) zum Oxydiren (Kali- und Natronsalpeter, gaare Eisenfrischschlacken, Bleioxyd, Eisen- und Kupferoxyd, Hammerschlag, Braunstein, Sulfate, Wasserdampf, Luft);

c) zum Reduciren (Kohle und organische Substanzen, Schwefel, Antimon, Phosphor);

d) zum Präcipitiren mit oder ohne Solviren (Eisen, Kupfer, Zink, Blei, Bleioxyd);

e) zum Ansammeln eines Metalles in Schwefelungen (Kupfer und Silber durch Schwefel- und Magnetkies, Schwerspath, Gyps, Glaubersalz), in Speisen (Kobalt und Nickel durch Arsen, Antimon, Arsenkies) und Legirungen (Blei, Bleioxyd, Zink, Silber);

f) zum Verflüchtigen (Kochsalz und andere Chloride im Schafhäutl'schen Pulver, in Eisenhohöfen, in Kupferflammöfen zur Entfernung von Arsen und Antimon, Chlor zur Goldreinigung).

Hinsichtlich ihrer Natur lassen sich diese Zuschläge in erdige, alkalische und metallische eintheilen.

---

1) B. u. h. Ztg. 1870, S. 450.

Wirkungsweise.

3) Sublimations- und Destillationszuschläge, wirksam als zerlegende Mittel (Eisen, Kalk, Alkalien), als Schwefelungs- und Arsenicirungsmittel (Schwefel, Arsen, Schwefel- und Arsenkies), als Reductionsmittel (Kohle), als Oxydationsmittel (Luft).

Zweck.

4) Cementationszuschläge zum Carburiren (Kohle), Chloriren (Kochsalz), zum Entkohlen (Eisenoxyd, Braunstein, Zinkoxyd) u. s. w.

Wasser und Luft.

Als Agentien treten bei vielen Processen, wie bemerkt, Sauerstoff, Luft (S. 18, 32) und auch Wasserdampf (S. 19, 20) auf. Es ist bei 0° und bei 760 mm Barometerstand:

1 cbm Sauerstoff = 1428 g,
1 cbm Luft = 1295 g,
1 kg Sauerstoff = 0.700 cbm,
1 kg Luft = 0.772 cbm.

Die Luft enthält dem Volumen nach bei einer Temperatur von 20° 78.492 Stickstoff, 20.627 Sauerstoff, 0.840 Wassergas und 0.041 Kohlensäure, bei 0° 20.8 Volumproc. und dem Gewichte nach 23 Proc. Sauerstoff. Druck 1 Atmosphäre = 1.033 kg per qcm. — Wasser enthält 88.89 Sauerstoff und 11.11 Wasserstoff; 1 ccm bei 4.1° C. und 760 mm Barometerstand = 1 g; 1 l = 1 kg Wasser giebt 1700 l Wasserdampf von 100° C.; 1 l Wasserdampf wiegt bei 100° und 760 mm Barometerstand 0.80559 g.

3. Capitel. **Brennmaterialien.**

Brennmaterialarten.

33. Classification. In der hüttenmännischen Technik werden zur Hervorbringung von Wärme und reducirenden Wirkungen angewandt: [1])

A) Feste Brennmaterialien, und zwar:

Rohe Br.

1) Rohe oder natürliche Brennstoffe, und zwar vegetabilischen (Holz) oder mineralischen Ursprungs (Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit). Dieselben bestehen sämmtlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, zuweilen auch Stickstoff, und aus unorganischen, Asche gebenden Substanzen und zwar sind die mineralischen Brennstoffe aus den vegetabilen durch Verwesungs- und Vermoderungsprocesse entstanden. Je länger dieselben andauerten, um so mehr hat sich der Kohlenstoffgehalt angereichert, wie die nachstehenden Zusammenstellungen zeigen:

	C	H	O
Holzfaser (Cellulose = $C_6 H_{10} O_5$) .	44.44	6.17	49.39
Torf (Vulcaire)	60.44	5.96	33.60
Lignit (Cöln)	66.96	5.27	27.76
Erdige Braunkohle (Dux)	74.20	5.89	19.90
Steinkohle (St. Colomb, sec. Format.)	76.18	5.64	18.07
„ (Rive de Gier Corbeyre) .	90.50	5.05	4.40
Anthracit (Mayenne, Uebergangsgeb.)	92.85	3.46	3.19
Anthracit (Pensylvanien)	94.20	2.50	3.30

1) Brennmaterialien: Kerl's Metallurgie 1, 175. Rivot-Remelé, Docimasie. Bd. 1. 1863. Plattner-Richter's Hüttenkunde I, 49. Hartmann, die Brennmaterialien. Leipzig 1863. Percy, Metallurgy 1875. 1, S. 155. Knapp, chemische Technologie 1865. 1, 139. Muspratt-Kerl, techn. Chemie 3, 850. Grothe, die Brennmaterialien und die Feuerungsanlagen 1870. Kerpely, Bericht über die Fortschritte der Eisenhüttentechnik 1864—1877. Ferrini-Schröder, Technologie der Wärme. Jena 1878. Gruner-Kupelwieser, Abhandl. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 38.

Nach einer anderen Zusammenstellung, auf 100 Kohlenstoff bezogen:

	C	H	O
Holz	100	12.18	83.07
Torf	100	9.85	55.67
Lignit	100	8.37	42.42
Steinkohle . .	100	6.12	21.23
Anthracit . . .	100	2.84	1.74.

Gruner theilt nachstehende Tabelle über die Zusammensetzung der Brennstoffe mit:

Name des Brennmaterials.	Zusammensetzung C	H	O (+ N)	Verhältniss des O zu 1000 C	Verhältniss des H zu 1000 C	Verhältniss von $\frac{O}{H}$ oder $\frac{O+N}{H}$	Verkohlungsrückstand von der trocknen staubförmigen Substanz: Proc.	Beschaffenheit des Verkohlungsrückstandes.
…lose $C_6H_{10}O_5$ . . .	44.44	6.17	49.39	1111	139	8	28—30	Pulverförmig ohne Glanz.
…z	50—51.75	6—6.3	44—41.95	880—800	120—122	7	30—35	„ „ „
…f u. fossiles Holz . .	58—63	6—5.5	36—31.5	620—500	100—85	6—5	35—40	„ „ „
…nit	65—75	6—4	29—21	450—280	92—53	5	40—50	„ etwas glänzend.
…ckne Steinkohlen mit langer Flamme . . .	75—80	5.5—4.5	19.5—15	260—190	75—60	4—3	50—60	„ „ gefrittet.
…te Kohlen mit langer Flamme (Gaskohlen) .	80—85	5.8—5	14.2—10	180—120	70—60	3—2	60—68	Geschmolzen, s. zerreibl.
…te gewöhnliche Kohlen (Schmiedekohle) .	84—89	5—5.5	11—5.5	130—60	65—56	2—1	68—74	„ mittelfest.
…te Kohlen mit kurzer Flamme (Cokeskohlen)	88—91	5.5—4.5	6.5—4.5	70—50	62—50	1	74—82	„ sehr fest.
…thracitische Kohlen, mager und halb mager	90—93	4.5—4	5.5—3	50—40	50—35	1	82—90	Gefrittet od. pulverförm.
…thracit	93—95	4—2	3	40—25	35—30	1—0.75	90—92	Pulverförmig glänzend.
…troleum	80—85	15—14	3—1	30—15	185—175	0.20—0.10	—	

Wasserstoff und Sauerstoff sind entweder in dem Verhältniss 1 : 8 vorhanden, wie sie Wasser bilden (chemisch gebundenes Wasser im Gegensatz zum hygroskopischen), oder es bleibt, nachdem man allen Sauerstoff an Wasserstoff gebunden sich gedacht hat, noch Wasserstoff über (disponibler oder freier Wasserstoff), welcher letztere nur neben Kohlenstoff bei der Verbrennung Wärme giebt und zur Flammenbildung wesentlich beiträgt (Torf, Braunkohle, Steinkohle). Das chemisch gebundene Wasser veranlasst stets eine Wärmeerniedrigung durch Wasserdampfbildung.

2) Verkohlte Brennmaterialien. Beim Erhitzen unter Luftabschluss (Verkohlen, Vercoken, trockene Destillation) ordnen sich die Bestandtheile der Brennstoffe zu neuen festen (Kohle, Cokes), flüssigen (ammoniakalisches oder saures Wasser, Theer) und gasförmigen Verbindungen (Kohlensäure, Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd, Wasserstoff u. s. w.) an. Hüttenmännischer Zweck dieser Operation ist meist nur die Gewinnung des festen Bestandtheiles, der Kohlen … Cokes, welche hauptsächlich aus einen hohen pyrometrischen … ndem Kohlenstoff neben untergeordneten Mengen …erstoff und aschegebenden Bestandtheilen be… …auch zuweilen die Nebenproducte von der …onders die brennbaren Gase nutzbar Verkohlte Brennm.

gemacht. Bei den höchsten Temperaturen erzeugte Kohlen und Cokes enthalten immer noch Sauerstoff und Wasserstoff.

Vorgänge beim Verkohlen.

Zu Anfang der Destillation vereinigen sich Wasser- und Sauerstoff, welche gemeinschaftlich mit hygroskopischem Wasser als Wasserdampf entweichen. Bei steigender Temperatur wird die Affinität der obigen beiden Elemente gelockert, der Kohlenstoff betheiligt sich an dem Zersetzungsprocesse und bildet mit jenen ternaire Verbindungen, als Holzgeist, Essigsäure, Carbolsäure u. s w. welche sich in der bei Condensation der Dämpfe entstehenden wässrigen Flüssigkeit vorfinden. Bei weiterer Temperaturerhöhung zersetzen sich dann diese ternairen Gebilde und geben binäre, kohlenwasserstoffreiche, zu einer öligen Flüssigkeit (Theer) condensirbare Dämpfe und Gase, welche letztere je nach dem grösseren Wasserstoff- oder Sauerstoffgehalt des Rohmaterials brennbar (Kohlenwasserstoff, Kohlenoxydgas, Wasserstoff) oder unbrennbar sind (Kohlensäure). So geben die wasserstoffreicheren Stein- und Braunkohlen mehr Kohlenwasserstoff, die sauerstoffreicheren Holz- und Torfsorten mehr Kohlenoxyd und Kohlensäure. Bei Anwesenheit von Stiffstoff erzeugen sich anfangs, in dem Theer zu findende Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff (z. B. Anilin und ähnliche flüchtige Körper), später bei höherer Temperatur Cyan und Ammoniak. Danach reagirt die bei der Destillation anfangs entstehende wässrige Flüssigkeit bald sauer (gewöhnlich von Holz und Torf), bald ammoniakalisch (gewöhnlich von Steinkohlen und Braunkohlen). Je höher die Temperatur, um so einfacher werden die Zersetzungsproducte; je rascher dieselbe gleichzeitig steigt, um so mehr binäre und namentlich gasförmige Verbindungen werden sich bilden. Die Vertheilung der Wärme in den Brennstoffen hängt von deren Wärmeleitungsfähigkeit und der Wärmeentziehung durch entweichende Zersetzungsproducte und durch die Gefässwände ab. Es ist in den Brennstoffen niemals soviel Wasser- und Sauerstoff vorhanden, dass sämmtlicher Kohlenstoff in flüssige oder gasförmige Verbindungen übergeführt werden kann; es bleibt ein Theil davon, mit geringen Mengen Wasserstoff und Sauerstoff verbunden, als Kohle oder Cokes bei der Destillation zurück. Je nach der Zusammensetzung der Brennstoffe, nach dem herrschenden Drucke bei der Verkohlung, der angewendeten Temperatur, der Dicke der Stücke, der Brennstofflage u. A. variiren die Producte der Qualität und Quantität nach wesentlich. In rasch steigender hoher Temperatur pflegt sich bei wasserhaltigen Brennstoffen (Holz, Torf, Braunkohlen) das Ausbringen an Kohle zu vermindern, indem auch die Bestandtheile des Wassers zu einer Vergasung des Kohlenstoffs beitragen. Durch das Entweichen flüchtiger Bestandtheile beim Verkohlen findet ein grosser Verlust an Brennkraft statt (in Cleveland z. B. erwächst bei 35 % flüchtige Bestandtheile enthaltenden Kohlen ein Verlust an Brennkraft von 1 Mill. Tonnen jährlich, im Werthe von 250,000 Pfd. Sterling). Kommt Wasserdampf mit glühenden Kohlen[1]) in Berührung, so entsteht nach Bunsen ein constantes Gasgemisch von 56.52 Wasserstoff, 28.71 Kohlenoxydgas und 14.77 Kohlensäure dem Gewichte und resp. 4 : 2 : 1 dem Volum nach. Langlois fand in einem solchen Gemisch 54.52 Wasserstoff, 31.36 Kohlenoxydgas, 12.00 Kohlensäure und 1.62 Kohlenwasserstoff, Frankland 56.9 Wasserstoff und Sumpfgas, 29.3 Kohlenoxyd und 13.8 Kohlensäure. Bei Einwirkung von Kohlenoxydgas auf Wasserdampf in der Hitze entsteht nach Heurtebise Kohlensäure und Wasserdampf. Maire und Vallée[2]) und neuerdings Lürmann[3]) haben empfohlen, durch Einleiten von Wasserdampf in glühende Kohlen brennbare Gase zu erzeugen und diese in Hohöfen, Cupoloöfen, Puddelöfen u. s. w. zu verwenden. Nach Schröder, Schinz u. A. wird indes bei der Zersetzung von Wasserdampf durch Kohle nahe eben soviel Wärme gebunden, als demnächst beim Verbrennen der gebildeten Gase entsteht.[4])

Künstl. Br.

3) Künstliche oder agglomerirte Brennmaterialien (Kohlenziegel, Brennsteine, Briquetts, Peras), welche durch Agglomeriren von Brennstoffabfällen (Torf-, Braunkohlen-, Holzkohlen-,

---

1) Ann. d. Chem. und Pharm. 85, 150. Polyt. Centr. 1855, S. 1185; 1858, S. 119. ⁿ 192; 186, 393; 195, 234, 338. 2) B. u. h. Ztg. 1861, S. 335. 3) B. u. h. Ztg. 4) Poggend. Ann. 1867, No. 6, S. 277. Percy-Wedding's Eisenhüttenk. 2, 87.

Cokesklein, Theercokes, Lohe, namentlich Steinkohlenklein) mit Bindemitteln erhalten werden. [1])

Solche Bindemittel sind entweder mineralische (Lehm, Thon, Gyps, Kalk, Cement, Soda, Kochsalz, Wasserglas, schwefelsaure Thonerde) oder vegetabilische (Seifen- und Leimlösungen, Mehl von Hülsenfrüchten, Kartoffeln und verdorbenem Getreide, Stärke und Kleber, Fette, Oelkuchen, Kleister, Abfälle von arabischem Gummi, Gallerte von Moosen, Algen u. dgl. Kohlentheeröle, Petroleumrückstände, Theer, hauptsächlich aber hartes Steinkohlenpech oder Asphalt, sogenannter brai sec). Die letzteren Bindemittel geben Briquetts von grösserem Widerstand gegen Witterungseinflüsse, Transport und Lagerung, einen den Stückkohlen nahekommenden Heizeffect bei zu garantirendem bestimmten Aschengehalt, wegen regelmässiger Form eine bequemere Controle und Raumersparniss. Die Herstellung der Briquetts geschieht meist durch Mengen des Kohlenpulvers u. s. w. mit dem Bindemittel, z. B. Pech, durch maschinelle Vorrichtung unter Zuführung heisser Luft oder überhitzten Dampfes zum Schmelzen des Pechs, Behandlung der plastischen Masse in geschlossenen Formen unter bedeutendem Druck oder Pressen mittelst Kolbens durch ein Rohr nach Art der Drainröhren. Im Allgemeinen ist die Briquettsfabrikation nur da vortheilhaft, wo das Preisverhältniss zwischen Stück- und Grusskohle etwa wie 4 : 1 ist. Zuweilen setzt man Holzkohlen 2—4.5 % Salpeter zu, Cokes von Braunkohle und Torf etwas mehr. In Südrussland dient in Briquetts (Kisjack) geformter Dünger [2]) als Brennmaterial.

4) Pulverförmige Brennstoffe. Hinsichtlich des Aggregatzustandes zieht man im Allgemeinen gröbere Bruchstücke dem Klein vor, weil sich dasselbe zu dicht zusammenlegt und das Durchdringen der Luft erschwert, und verwandelt man letzteres wohl durch Agglomeration in Stücke. Neuerdings sind indes Ofenconstructionen erfunden, in welchen feingepulvertes Brennmaterial (Holzkohle, Steinkohle, Braunkohle) zur Erzeugung langer und intensiver Flammen benutzt wird, indem man in der Zeiteinheit viel Brennstoff verbrennen kann. Von Niepce [3]) ist schon 1818 eine Feuermaschine beschrieben, in welcher feiner Kohlenstaub verbrennt. Pulverf. Br.

Whelply und Storer blasen gesonderte Ströme von Kohlen- und Erzstaub in einen Schachtröstofen [4]), sowie aus einer Schleudermühle [5]) von einem Ventilator durch Siebe angesogene Luft und Kohlenstaub in einen Flammofen, indem sich zwischen Ofen und Ventilator ein kleiner Gasgenerator befindet, dessen Gase beim Verbrennen die zum Entzünden des Kohlenstaubs erforderliche Wärme erzeugen. — Crampton [6]) heitzt Wärm- und rotirende Puddelöfen mit Kohlenstaub, welcher zwischen Walzen durchfallend, einem Injector zugeführt und mit Gebläseluft in den Ofen getrieben wird. — Isherwood [7]) bläst mit Luft gemischten Kohlenstaub über auf einem Roste brennende Steinkohlen. — Auch in belgischen Zinkdestilliröfen ist Kohlenstaub angewendet. In Colorado [8]) kommt Braunkohlenstaub zu Verwendung.

5) Gewisse Metalle und Nichtmetalle dienen als Wärmeerzeuger, welche in besonderen Fällen gewöhnliche Brennstoffe ersetzen, nachdem durch letztere einmal die erforderliche Hitze erzeugt ist. Metalle etc. als Br.

Schwefel beim Rösten (S. 18), Silicium, Mangan und Eisen beim Bessemern.

---

1) B. u. h. Ztg. 1860, S. 256; 1861, S. 40, 59, 92, 171, 249, 363, 406, 408, 448, 456, 471; 1862, S. 18, 99, 192, 262, 399, 407; 1863, S. 95, 146, 326, 391; 1865, S. 180; 1866, S. 71, 120, 220; 1868, S. 164; 1869, S. 28; 1870, S. 192; 1871, S. 176; 1872, S. 140; 1874, S. 141; 1875, S. 43, 149, 211, 227, 392; 1876, S. 315; 1877, S. 58; 1878, S. 281. Rev. univers. 5, 4 livr. p. 50; 27, 1. Kupelwieser in: die Mineralkohlen Oesterreichs 1870, S. 231. Preuss. Ztschr. Bd. 8, Lief. 3. Kerl, Met. 1, 289. v. Kerpely's Fortschr. 3, 33; 4, 45. Deutsche Industriezeit. 1869, S. 65. Dingl. 157, 105; 159, 28; 195, 43; 226, 552 (Anthracit); 228, 90; 230, 448. Polyt. Centr. 1861, S. 1001; 1871, S. 1145. Muspratt, Techn. Chem. 3, 1138. Wangenheim, Fabrikat. d. künstl. u. geformten Brennmaterialien. Weimar 1862. 2) Dingl. 228, 468. 3) B. u. h. Ztg. 1875, S. 194. 4) B. u. h. Ztg. 1867, S. 249; 1868, S. 14; 1869, S. 130, 176; 1870, S. 102. 5) B. u. h. Ztg. 1872, S. 390, 416 (Pulverisirmühle); 1873, S. 55. Dingl. 206, 125. 6) B. u. h. Ztg. 1871, S. 248; 1874, S. 109, 330, 355; 1875, S. 67, 194; 1876, S. 114. 7) Engin. and Min. Journ. 1876, Bd. 21, No. 6. B. u. h. Ztg. 1876, S. 126. 8) B. u. h. Ztg. 1876, S. 179. — Hickey's Dampfstrahlgebläse für Kohlenstaub in Polyt. Review 1878, Vol. 5, No. 8.

Flüssige Heizstoffe.

B) Flüssige Heizstoffe. Als solche sind in neuerer Zeit Theeröle[1]), namentlich aber Petroleum[2]), letzteres vorwaltend in Amerika, zur Anwendung gebracht. Das rohe Petroleum enthält eine grosse Anzahl von Kohlenwasserstoffen bei mittlerer Zusammensetzung von 85% Kohlenstoff und 15% Wasserstoff. Dasselbe wird bei einem zwischen 110 und 280° C. liegenden Siedepunkt entweder in dampfförmigem oder feinzerstäubtem Zustande zur Anwendung gebracht. Nach Deville nähert sich der Wärmeeffect des rohen Oeles, grösser als der des raffinirten, 10,000 Wärmeeinheiten.

Die früheren Methoden, das Petroleum zu erhitzen und das erfolgende Gas durch Röhren an den Ort der Verbrennung zu leiten oder das Oel direct zu verbrennen, war wegen Rauchbildung unvollkommen, nebenbei kostspielig und gefährlich. Man lässt jetzt das Petroleum meist aus einem Reservoir durch ein mit Hähnen versehenes Rohr durch Trichter in Rinnen vorher erhitzter Roststäbe treten, wo dasselbe verdampft und bei Zuführung einer hinreichenden Luftmenge verbrennt, oder man verbrennt dasselbe im Gemisch mit überhitztem Wasserdampf zur Befeuerung von Dampfkesseln[3]), Röst- und Schmelzöfen[4]), Puddel- und Schweissöfen[5]), und selbst in Eisenhohöfen[6]) ist dasselbe in Nordamerika versucht worden. Bei Eames' Vorrichtung[7]) für Schweissöfen tritt dem in einem Cylinder mit Fächern herabtropfenden Petroleum ein Strom bis zur Weissgluth erhitzten Wasserdampfes entgegen, das Dampfgemenge kommt in einer Mischkammer mit Luft zusammen, passirt eine vor der Feuerbrücke gelegene Verbrennungskammer, mit zellenartig über einander gesetzten Steinen gefüllt, und erzeugt eine Hitze, welche sich zu der von Kohle erfolgenden wie 8 : 1 verhalten soll.

Gruner beschreibt die Petroleumverbrennungsapparate von Andouin-Deville zum Heizen von Laboratoriumsöfen und zur Dampferzeugung (Einfliessenlassen des Petroleums durch ein Trichterrohr auf einen glühenden verticalen Rost, ein massives Gusseisenstück mit Durchbohrungen für den Luftzutritt), sowie den Löthrohrapparat von Agnelet mit einem Rohr, aus welchem unter starkem Druck Petroleum in dünnem Strahl ausströmt, umgeben von einem weitern Rohr zur Zuführung eines ringförmigen Luftstromes. — Das Petroleum wird indes bei metallurgischen Operationen kaum eine ausgedehntere Anwendung da finden, wo es an mineralischen und vegetabilischen Brennstoffen nicht fehlt.

Theer mit 80—85 C, 9—7 H und 11—8 O liefert 8500—9000 Calorien, brennt leicht, ist aschenfrei, aber viel kostspieliger als Kohle und nur unter besonderen Umständen ökonomisch zu verwenden.

Gasförm. Br.

C) Gasförmige Brennmaterialien. Als solche kommen zur Verwendung:

1) Natürliche Gase.[8]) In den Petroleumdistricten von Pennsylvanien, Ohio und Westvirginien entströmen dem Erdboden oder den Bohrlöchern auf Petroleum Kohlenwasserstoffgase mit 60—90% Sumpfgas und 5—22% Wasserstoffgas, ausserdem finden sich darin wechselnde Mengen von Kohlensäure (bis 10%), Kohlenoxyd (bis 0.3%), leuchtenden Kohlenwasserstoffen (bis 3%), Aethylhydrid (bis 18%), Sauerstoff (bis 0.8%) und Stickstoff (bis 4.5%).

---

1) Wagn. Jahresber. 1874, S. 1045. 2) Muspratt, Chem., 3. Aufl., 3, 1172; 5, 998. Gruner-Kupelwieser, Abhandl. über Metallurgie 1, 126, 491. Engin. and min. Journ. 1869. VIII, No. 17. Höfer, Petroleumindustrie Nordamerikas. Wien 1877. Strippelmann, die Petroleumindustrie Oesterreich-Deutschlands. Leipzig 1878. Dingl. 189, 42; 192, 204. 3) Dingl. 162, 393; 184, 111. 4) B. u. h. Ztg. 1873, S. 36, 205. 5) B. u. h. Ztg. 1872, S. 175, 427. 6) B. u. h. Ztg. 1871, S. 203; 1873, S. 239; 1876, S. 69. 7) B. u. h. Ztg. 1875, S. 318, 418. 8) Höfer c. l., S. 65, 77. Muspratt, Chemie, 3. Aufl., 5, 974. B. u. h. Ztg. 1875, S. 194, 414, 425; 1878, S. 234.

Diese Gase geben beim Verbrennen 14,000—15,600 Wärmeeinheiten und 2745 bis 2765° pyrometrischen Wärmeeffect und werden bei grosser Spannung in Röhren meilenweit abgeführt, um für häusliche und industrielle Zwecke, z. B. zum Heizen von Puddel- und Schweissöfen zu Leechburg in Pennsylvanien, verwendet, zu werden Das Gas von Leechburg enthält 89.65 Sumpfgas CH_4, 4.39 Aethylwasserstoff C_2H_6, 4.79 Wasserstoff, 0.56 Leuchtgas, 0.26 Kohlensäure, 0.35 Kohlenoxydgas. Dieses Gas ist hinsichtlich der Verwendung sehr bequem und sehr billig, aber man hat keine Garantie für dessen Nachhaltigkeit.

2) Gase von der Verkohlung fester Brennstoffe, namentlich von Steinkohlen. Seltener kommt für eigentliche metallurgische Zwecke Leuchtgas wegen seiner Kostspieligkeit in Anwendung, als Gase aus Cokesöfen.

Das Leuchtgas [1]) von der Destillation der Steinkohlen bei Luftabschluss, bestehend aus leuchtenden brennbaren, aus nicht leuchtenden brennbaren und verunreinigenden Bestandtheilen und nach Landold in einigen Proben 57.5 bis 61.9 C, 20.5—22 H, 5.7—10.7 O und 5.9—16.3 N enthaltend, liefert beim Verbrennen an 11,500 Wärmeeinheiten und dient u. A. zur Heizung von Probiröfen (S. 45, 49). Da der Wärmeeffect gewöhnlicher Cokes 7000 Calorien selten übersteigt, so verhält sich der relative Preis des Gases und der Cokes annähernd wie 5 : 1. 1 cbm Leuchtgas wiegt 0.65—0.68 kg und entwickelt 7500 Calorien. Die Cokesofengase [2]), welche bei der Verkohlung von Steinkohlen bei spärlichem Luftzutritt sich bilden, sind ärmer an brennbaren Bestandtheilen und enthielten z. B. nach Ebelmen 2.2—4.2 Kohlenoxydgas, 0.4—1.7 Sumpfgas, 1.1—6.3 Wasserstoffgas, 9.6—10.9 Kohlensäure und 77.9—83.3 Stickstoff; Bunsen und Playfair fanden 6.2—7.0 Sumpfgas, 1.1—6.3 Kohlenoxyd, 0.5—1.6 ölbildendes Gas, 0.5—1.4 Wasserstoffgas als brennbare Bestandtheile. Man benutzt diese Gase von sehr variabler Zusammensetzung meist zum Beheizen der Cokesöfen selbst, dann von Dampfkesseln, Winderhitzungsapparaten, Abdampfpfannen, zum Kalkbrennen u. s. w. Die Hauptwärmequelle dieser Gase liegt grossentheils in der Temperatur, welche sie aus dem Ofen mitbringen, theils in der bei Luftzutritt erzielten weiteren Verbrennung.

3) Gase von der unvollkommenen Verbrennung fester Brennstoffe, wobei Kohlenoxydgas und Kohlensäure sich erzeugen, welche letztere in Berührung mit glühenden Kohlen in Kohlenoxydgas übergeht, so dass dieses Gas nebst Stickstoff der Verbrennungsluft und unzersetzt gebliebener Kohlensäure den Hauptbestandtheil des Gasgemenges ausmacht. Dasselbe erzeugt sich entweder als Nebenproduct in metallurgischen Apparaten, hauptsächlich Schachtöfen (Ofen- oder Gichtgase) und entweicht aus deren Mündung, oder wird in besonderen Schachtöfen (Generatoren) aus festen Brennstoffen absichtlich dargestellt (Generatorgase). Die Gase dieser Abtheilung werden am häufigsten benutzt und kommen zuweilen mit Destillirgasen [4]) von Steinkohlen zur Verwendung.

Auch hat man durch Ueberleiten von Wasserdampf über glühende Kohlen oder der Kohlensäure und Wasserdampf enthaltenden Feuergase [3]) über glühende Kohlen brennbare Gase darstellen wollen, wie es scheint ohne guten ökonomischen Erfolg (S. 66).

4) Feuergase (Ueberhitze), namentlich aus Flammöfen, werden häufig wegen der darin vorhandenen Wärme noch weiter ausgenutzt und damit auch ein zuweilen vorhandener Gehalt an brennbaren Gasen bei Luftzuführung.

---

1) Muspratt, Chem. 4, 593. 2) Muspratt, Chem. 3, 1115. Gruner-Kupelwieser Abhandl. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 145. 3) B. u. h. Ztg. 1868, S. 352. 4) B. u. h. Ztg. 1878, S. 111 (Gröbe-Lürmann), 1879, S. 1 (Tahon).

Es kommen besonders die Feuergase aus Puddel-[1]) und Schweissöfen[2]) in Rücksicht, welche wegen geringen Gehaltes an brennbaren Bestandtheilen in möglichster Nähe dieser Oefen ausgenutzt werden, z. B. zur Dampferzeugung, zur Winderhitzung, zum Vorwärmen des Eisens, zum Darren von Brennstoffen u. A. Die Feuergase aus Flammöfen zur Blei-, Kupfer- und Silbererzeugung werden seltener noch zur Abgabe ihrer Wärme wegen zu grosser Verunreinigung (Flugstaub, schweflige Säure) weiter benutzt, es können jedoch Verwendungen, wo solche nicht schaden, vorkommen (z. B. zum Trocknen angebatzter Schliege). Verbrannte Schweissofengase[3]) enthielten 15.8 Kohlensäure, 5.7 Kohlenoxyd, 1.7 Wasserstoff und 76.8 Stickstoff dem Vol. nach.

Den Feuergasen aus Flammöfen ähnlich sind die Herdofengase[4]), welche bei Luftzutritt zur Herdmündung verbrennen und dann nur noch wenig brennbare Bestandtheile enthalten, z. B. Gase aus Frischfeuern.

Diese Gase dienen zum Vorglühen des Roheisens, zur Winderwärmung, zum Blechglühen, zur Dampferzeugung, seltener zum Heizen von Puddel-[5]) und Schweissöfen[6]) bei geschlossenen Frischfeuern.

Im Nachstehenden wird hauptsächlich von den festen Brennmaterialien, den Ofen- und Generatorgasen als den wichtigsten Brennstoffen näher die Rede sein.

Vollst. u. unvollst. Verbrennung.

34. Verbrennungs-Erscheinungen.[7]) Bei einer vollständigen Verbrennung liefern die Brennmaterialien Kohlensäure und Wasserdampf unter Zurücklassung der unorganischen Bestandtheile (Asche), welche die Wärmeausnutzung beeinträchtigen durch Verstopfung des Rostes, Bindung von Wärme und Entlassen derselben ausserhalb des Ofens. Kommt bei der Verbrennung, wie gewöhnlich, die gebildete Kohlensäure mit glühenden Kohlen in Berührung, so wird sie zum Theil unter Wärmebindung zu Kohlenoxydgas reducirt.

Bei unvollkommener Verbrennung, wie sie in den mit gewöhnlicher, durch Essen angefachter Luft oder durch Gebläseluft gespeisten Feuerungsvorrichtungen meist stattfindet, verbrennen die Bruchstücke von rohen Brennstoffen mehr oder weniger oberflächlich, die dabei erzeugte Wärme wirkt auf das Innere derselben ein und es entwickeln sich in Folge dessen daraus durch einen Verkohlungsprocess theils brennbare, wasserstoff- und kohlenwasserstoffhaltige, eine deutlich helle Flamme erzeugende Gase, theils entweichen unter bedeutendem Wärmeverlust Dämpfe von Theer, Wasser u. s. w. gemengt mit aus Kohlenwasserstoffen durch Hitze ausgeschiedenem Kohlenstoff (Russ) in Gestalt von Rauch, zu dessen Verhinderung eine grosse Anzahl von später noch zu erwähnenden Mitteln (rauchverzehrende Vorrichtungen) vorgeschlagen sind, ohne dass dieselben jedoch ihren Zweck immer vollkommen erreichen lassen; am besten verbrennen Gas und Rauch in einem engen hellglühenden Raum. Es sind Vorrichtungen zum Waschen des Rauches[8]) aus Feuerungen zur Abscheidung der festen und verdichtbaren dampfförmigen Bestandtheile

1) Kerl, Grundr. d. Eisenhüttenk., S. 295. 2) Ebend., S. 418. 3) B. u. h. Ztg. 1865, S. 438. 4) Kerl, Grundr. d. Eisenhüttenk., S. 288. Bgwfd. 6, 296; 7, 1. Ann. des mines, 4 sér., 3, 167. 5) B. u. h. Ztg. 1868, S. 71, 79. v. Kerpely, Fortschr. 2, 175. 6) Oest. Ztg. 1861, No. 22. 36. Oest. Jahrb. 9, 278. 7) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 22, 407. Weyl, in Verhandl. d. Ver. zur Beförder. d. Gewerbfleisses, Berlin 1873, S. 273. 8) Oest. Zeitschr. 1855, S. 342. Dingl. 137, 31. Rev. univers. 1872, Tom. 32, livr. 1 (Regenerator). Preuss. Ztschr. 1874, Bd. 22, Lief. 3 (Schan[illegible] No. 21 (Braun).

in Anwendung gekommen. Nach beendigter Verkohlung bleibt Kohle zurück, welche nun bei weiterer Verbrennung Glühefeuer giebt (Gegensatz von rohen und verkohlten Brennstoffen).

Flammenerscheinungen.

Bei hinreichendem Luftzutritt und höherer Temperatur (bei gepresster heisser Luft) geht die Kohle bei dieser Verbrennung in Kohlensäure über, ohne Flammenbildung; bei beschränktem Luftzutritt aber, wenn grössere Mengen davon angehäuft sind, tritt Kohlenoxydgasbildung ein und es zeigt sich eine Flamme, welche aber im Vergleich zu der von rohen Brennstoffen undeutlich blass erscheint. Man führt zuweilen absichtlich eine unvollständige Verbrennung trotz der dabei stattfindenden Wärmeverluste aus, wenn die Brennstoffe sich für eine directe völlige Ausnutzung der Wärme nicht eignen (z. B. nasses Brennmaterialklein), wohl aber, wenn man ihren Kohlenstoff durch eine unvollständige Verbrennung in Kohlenoxyd verwandelt und dieses dann verbrennt (indirecte oder Gasfeuerung).

Die flüchtigen Bestandtheile der rohen Brennstoffe sind danach entweder brennbar und dienen dann zur Erzeugung der beabsichtigten Temperatur (Kohlenwasserstoff, Kohlenoxydgas, glühende Kohlentheilchen), oder sie bestehen aus nicht heizenden Wasserdämpfen, Kohlensäure und Stickstoff nebst fremdartigen Beimengungen (Schwefel- und Phosphorverbindungen, Aschentheilen, Flugstaub), welche letztere bei empfindlichen Schmelzmassen schädlich einwirken können. Gewöhnlich sind sie aber nur von geringem Einfluss, weil die Einwirkung der Flamme keine lang dauernde ist und die Temperaturen in Flammöfen meist von der strahlenden Wärme des von der Flamme erhitzten Ofengewölbes hervorgebracht werden. Je nachdem die Flamme mehr oder weniger freien Sauerstoff beigemengt enthält, wirkt sie oxydirend oder reducirend; Kohlensäure und Wasserdämpfe können ebenfalls Sauerstoff abgeben. Bei Anwendung von verkohlten Brennstoffen liegt der Schwerpunkt der Heizung in dem festen Kohlenstoff, welcher neben Hitzeentwicklung eine Reduction und Kohlung bewirken kann. Seine Aschenbestandtheile, durch eine mechanische Aufbereitung des Rohmaterials häufig sehr zu vermindern, werden bei dem Contact damit mehr oder weniger in die schmelzenden Massen eingeführt, was bei flammenden Brennstoffen weit weniger stattfindet. Während man das Leuchten der Flamme gewöhnlich in ausgeschiedenem, ins Glühen versetzten Kohlenstoff sucht, so erklärt man dasselbe auch aus der Strahlung dichter, sich verbindender Gase.[1] Die Färbung der Flamme ist von der Art des Glühens in derselben suspendirter fester Stoffe und der Temperatur abhängig (Kohlenoxyd brennt bei höherer Temperatur mit gelber, bei niedrigerer mit blauer Flamme).

Dissociationserscheinungen.

Deville, Vicaire, Cailletet, Gruner und Schinz haben nachgewiesen, dass in Feuerungsräumen bei gewissen höheren Temperaturen Gase und Dämpfe in einzelne Bestandtheile zerfallen (Dissociation)[2], die sich in minderen Temperaturen wieder vereinigen.

So zerlegt sich nach Deville Wasserdampf bei 900—1000° C. namentlich bei Gegenwart von Kohlensäure in Wasserstoff und Sauerstoff; Kohlensäure bei 1000 bis 1200° in Kohlenoxydgas und Sauerstoff; Kohlenoxydgas dissociirt sich bei höheren Temperaturen weniger leicht als Kohlensäure, dagegen schon bei niedrigerer Temperatur (300—400°) in Kohlensäure und Kohlenstoff bei Gegenwart von Eisen und Eisenoxydul. In Folge der Dissociation wird Wärme gebunden und es tritt eine Temperaturerniedrigung ein. Während Wasserstoff und Kohlenoxyd beim Verbrennen in Sauerstoff nach der Berechnung Temperaturen von resp. 6903 und 7059° geben, so resultiren in Wirklichkeit nur solche von 2500—3500°.

Brenn- und Flammbarkeit.

Die Entzündlichkeit (Brennbarkeit) nimmt mit der Dichtigkeit der Brennstoffe und dem Wassergehalt ab und mit deren Wasserstoffgehalt und der Vorerwärmung von Luft und Brennstoff zu. Auch sind sehr verdünnte gasförmige Brennstoffe weniger leicht entzündlich.

---

1) Dingl. 192, 285, 288; 215, 478; 217, 199; 221, 263; 223, 195; 225, 450. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875, S. 745; 1876, S. 1793.

2) B. u. h. Ztg. 1866, S. 52; 1869, S. 224, 230; 1874, S. 210. Dingl. 181, 285, 291. Polyt. Centr. 1871, S. 1184. Percy-Wedding's Eisenhüttenkunde 2, 282.

Poröse Brennstoffe entzünden sich leichter, als harte (hartes und weiches Holz, dichter Anthracit und loser Torf), wasserstoffreiche leichter als wasserstoffarme (fette und magere Steinkohlen, harziges Holz); Entzündungstemperatur für trocknen porösen Torf 225°, Nadelholz 295°, Steinkohle 326°, Holzkohle 360—800°, je nach der Darstellungstemperatur (300—1300°), Wasserstoff 800—1000°.

Die Entstehung einer mehr oder weniger langen Flamme (Flammbarkeit) hängt hauptsächlich vom Wasserstoffgehalt, welcher mit dem Kohlenstoff brennbare Gase erzeugt, ab. Ausserdem sind von Einfluss die Stärke des Luftzuges, die Construction des Feuerungsraumes und der Aggregatzustand.

Verkohlte Brennstoffe geben eine kürzere Flamme, als rohe, von diesen fette Steinkohlen eine längere als Anthracite, weiches Holz eine längere als hartes. Die Flammbarkeit der Brennstoffe bedingt oft eine passende Auswahl der Hüttenapparate (schlesischer und belgischer Zinkofen).

Trocknen und Darren.

Mangel an Luftzutritt und eine Erniedrigung der Temperatur herbeiführende Feuchtigkeit begünstigen die unvollkommene Verbrennung und somit die grosse Wärmeverluste nach sich ziehende Rauchbildung bei festen Brennstoffen. Ein hauptsächlichstes Mittel dagegen ist das Trocknen oder Darren der festen Brennstoffe, je nachdem man minder hohe oder hohe Temperaturen erzielen will.

Diese Operationen kommen meist nur bei Holz und Torf[1]) vor; Steinkohlen haben nur einen geringen, meist nützlichen hygroskopischen Wassergehalt und Braunkohlen werden trotz ihres oft hohen Wassergehaltes nicht immer durch Anwendung von Wärme davon befreit, weil sie bei Entfernung des Wassers leicht zerfallen.

Das Trocknen des Brennmaterialien geschieht an luftigen Orten im Freien in Haufen (Holz, Torf), auf bedachten Stellagen (Torf) oder auf Pfählen mit Querarmen (Hiefeln), an welche letztere die Torfstücke (Ziegel, Soden) angesteckt werden.

Das Darren der auf einem Roste in gemauerten Räumen liegenden Brennmaterials kann geschehen:

1) durch Strahlungstrocknung, d. h. durch Oefen oder Röhren, in denen Feuergase von einer besonderen Feuerung oder von einer anderen Feuerung abgehende circuliren. Ein Beispiel hierfür liefert der Trockenraum C an dem später zu beschreibenden französischen Holzgasgenerator, ferner Neuberg in Steyermark, Kudsir in Ungarn[2]);

2) durch Rauchtrocknung. Abgängige Feuergase oder solche von einer besonderen Feuerung werden direct, besser von oben nach unten (schwedisches Verfahren), als umgekehrt in die Darrkammer geleitet, nachdem sie zuvor wohl zur Abkühlung grosse Räume (Funkenkammern) passirt haben. Zu Lösjefors[3]) in Schweden sind diese beiden Modificationen für Holz und Torf in Anwendung:

a) Darrvorrichtung ohne Funkenkammer (Fig. 46): A Frischhütte, aus deren drei Frischfeuern a die abziehende Flamme (Ueberhitze) in der Frischhütte zum Vorglühen des Roheisens, dann zur Erhitzung der Gebläseluft benutzt wird, hierauf von jedem Herd in den gemeinschaftlichen Quercanal b tritt, von wo sie durch zwei neben einander liegende ansteigende Canäle zu zwei Dampfkesseln im Maschinenhause B gelangt, sich im Quercanal c wieder vereinigt und bei d in eine anfangs auf 3.79 m horizontale, dann in eine 20.86 m lange, mit 5.1 m ansteigende gemauerte Darrkammer C mit etwa 120° C. Temperatur zieht. e Winde, welche an einer endlosen Kette 7—8 auf Schienen laufende, mit dem Brennmaterial versehene Wagengerüste in der Weise bewegt, dass die frisch beladenen oben einzeln ersetzt werden, sobald unten solche mit gedarrtem Brennmaterial ausgefahren worden.

---

1) Hausding, Torfgewinnung 1876, S. 147 (Trocknen), S. 231 (Darren). Ders., Torfwirthschaft Süddeutschlands und Oesterreichs 1878. 2) v. Kerpely, Eisenhüttenwesen Ungarns, S. 23. 3) Tunner, Stabeisen- u. Stahlbereitung 1, 23.

Die Darrkammer ist an beiden Enden mit eisernen Thüren geschlossen, von denen die obere vom Boden auf eine etwa 316 mm hohe Oeffnung zum Abzug der Gase und Dämpfe hat, welche mit einer Temperatur von etwa 60—80° C. entweichen.

Zu Brezova [1]) in Ungarn treten Schweissofengase durch seitlich mit Schlitzen versehene Canäle unter die Wagen in Darrkammern ein.

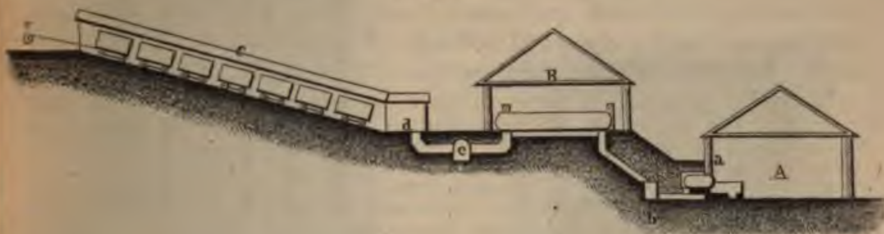


Fig. 46.

b) Darrvorrichtung mit Funkenkammer (Fig. 47 u. 48), welch letztere eine Abkühlung zu heisser Luft gestattet. Die Feuergase gelangen aus der Esse eines Frischfeuers bei *a* in die gemauerte Funkenkammer *A*, in welcher sie durch Zulassen von kalter Luft durch die mit Schieber versehene Oeffnung *b* auf 100—140° C. abgekühlt werden können, steigen dann in dem Canal *c* in die Höhe, treten bei *d* in die Darrkammer *B* und werden durch einen Exhaustor nach unten gezogen, welcher sich am Ende eines unterirdischen Canales am Boden befindet. Das Brennmaterial wird durch die Eintrageöffnung *f* auf ein dachartiges Gitterwerk gestürzt und kann durch Oeffnen von Klappen in Karren entlassen werden, welche man durch die Oeffnungen *e* ausfährt. Man trocknet eine Ladung von 79 cbm Torf in 4—5 Tagen bei ½ Tag Kühlzeit.



Fig. 47.



Fig. 48.

Ein Holzdarrofen zu Brezova [2]) in Ungarn ist mit Funkenkammer versehen und zu Rhonitz und Bujakova [3]) findet vereinigte Rauch- und Strahlungstrocknung statt.

3) Durch Windtrocknung. Man leitet erwärmte Gebläseluft entweder direct in die Kammer oder lässt sie in Röhren in derselben circuliren. Zu Freudenberg in Kärnthen dient zum Darren des Torfes folgende Vorrichtung (Fig. 49, 50):

A Canäle zur Aufnahme des erhitzten Windes, welcher durch auf jeder Seite angebrachte 10 Oeffnungen unter den Lattenrost *a* strömt. *B* 6 Füllöffnungen, welche anfangs auch zum Auslassen der Gase und Dämpfe dienen; später findet letzteres, bei geschlossenen Füllöffnungen, in geringer Höhe über dem Lattenroste beiderseits von der Austragethür *C* statt. Ein Ofen fasst 110 cbm Torf, welcher bei Zuleitung von 11—12.6 cbm Wind mit 130—150° C. in 4—5 Tagen getrocknet ist;

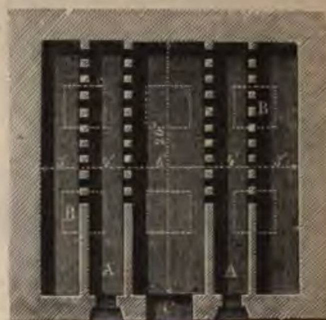
1) v. Kerpely, Eisenhüttenwesen Ungarns 1872, S. 199. B. u. h. Ztg. 1878, S. 194. 2) B. u. h. Ztg. 1878, Taf. 5, Fig. 15—17. 3) v. Kerpely, Eisenhüttenwesen Ungarns 1872, S. 200, 224.

3—4 Tage sind zum Kühlen, Ausleeren und Wiederfüllen erforderlich. Eine ähnliche Einrichtung ist von Weber in Staltach eingeführt.

Fig. 49.



Fig. 50.



Auch hat man Rauch- und Strahlungstrocknung (Rhonitz und Bujakowa in Ungarn) [1]), sowie Strahlungs- und Lufttrocknung combinirt. Während die Rauchtrocknung am billigsten und namentlich bei nach unten geleiteten Feuergasen sehr wirksam ist, kann sie bei fehlenden Funkenkammern (sowie auch die Strahlungstrocknung) zur Entzündung des Brennstoffs in der Darrkammer Veranlassung geben; die theurere Windtrocknung ist am wenigsten feuergefährlich. [2]) Welkner's Torfdarre [3]), mit heissem Ventilatorwind versehen, gestattet einen continuirlichen Betrieb. Versmann [4]) trocknet Torf mit erwärmter Luft unter Benutzung der abgehenden Dämpfe einer Dampfmaschine.

Auch bei gasförmigen Brennstoffen wird durch einen Gehalt an Wasserdampf deren Wärmeeffect herabgedrückt und sucht man denselben durch Condensation zu beseitigen, wovon bei den gasförmigen Brennmaterialien weiter die Rede sein wird.

Prüfung.

35. Docimastische Untersuchung der Brennmaterialien. [5]) Dieselbe hat sich auf folgende, den Werth der Brennstoffe bedingende Ermittlungen zu richten:

Wasserbestimmung.

1) Hygroskopischer Wassergehalt. Man erwärmt 1 Probircentner (5 g) zerkleinertes Probirgut im Uhrglase im Wasserbade (rohe Brennmaterialien) oder im Luftbade oder auf der Trockenscheibe (S. 43) auf 120°, ja selbst 150° C. (Holzkohle, Cokes), lässt in einem Exsiccator erkalten und wiegt rasch aus, wo dann zwei Wägungen übereinstimmende Resultate geben müssen.

Verkohlung.

2) Kohlenausbringen. 1—2 Probircentner Substanz in kleinen Bruchstücken oder als Pulver werden in einer bedeckten Bleitute (S. 49 Fig. 13) im Muffelofen (S. 46) allmälig bis zur Rothgluth erhitzt,

---

1) v. Kerpely, Eisenhüttenwesen Ungarns. 1872, S. 200, 224. 2) Citate ausser den in Kerl's Met. 1, 191—208 angeführten: B. u. h. Ztg. 1862, S. 221; 1863, S. 104, 115; 1864, S. 68; 1867, S. 200, 412, 417, 425. Sammlung von Zeichnungen für den Verein Hütte 1861, No 19. 3) B. u. h. Ztg. 1862, S. 220. 4) Hausding, Torfgewinnung 1876, S. 242. 5) Kerl, Probirkunst 1866, S. 438. Probe vor dem Löthrohre in Kerl's Leitf. 1877, S. 144. B. u. h. Ztg. 1868, S. 347. Eggertz, Om kemisk Profning af Jern, Jernmalmer och Brännmaterialier. Falun 1871. Kerl, Grundr. d. Eisenprobirkunst 1875, S. 36. Ferrini-Schröder c. l., S. 131. Bolley, Handb. d. techn. chem. Untersuchungen 1874, S. 521.

wo sich dann am Deckel eine Flamme zeigt. Nach dem Verschwinden derselben wird die Tute herausgenommen, nach völligem Erkalten ihres Inhalts entleert und dieser gewogen, wo sich dann das Gewicht von Kohle oder Cokes und Aschenbestandtheilen ergiebt. Wie bemerkt (S. 66), hat die mehr oder weniger rasche und starke Steigerung der Temperatur Einfluss auf das Kohlenausbringen und es müssen deshalb mehrere Proben, wenn ihre Resultate mit einander verglichen werden sollen, unter gleichen Umständen ausgeführt werden.

Muck[1]) empfiehlt 1 g Kohle in Platintiegeln von 40 mm Höhe und 24 mm Bodendurchmesser bei 3 cm Abstand des Tiegelbodens von der Gasbrennermündung zu erhitzen.

Die Beschaffenheit der zurückbleibenden Kohle (Cokes in Pulverform, gefrittet, aufgebläht) lässt auf die Verwendbarkeit des rohen Brennstoffs für einen vorliegenden Zweck schliessen. Das Ausbringen an Kohle pflegt im Grossen, z. B. bei Steinkohlen um 8—13 Proc. und mehr geringer zu sein als im Kleinen wegen nicht abzuhaltenden Luftzutrittes beim Vercoken, des Abbrandes während des Ausziehens und der längeren Dauer des Vercokens.

Gruner und Andere ziehen zur Werthbestimmung einer Steinkohle der Elementaranalyse eine unmittelbare oder Immediat-Analyse[2]) vor, bestehend in einer Destillation der Kohle in einer Retorte und Veraschung des Rückstandes, wobei man neben der Kohlenmenge, mit welcher das calorische Vermögen bei eigentlichen Steinkohlen wächst und fällt (nicht immer bei Anthraciten und Braunkohlen), das Agglomerationsvermögen, sowie Natur und Menge der Asche erfährt. Steinkohlen erhitzt man zur Untersuchung ihrer Backfähigkeit besser im Platintiegel.[3])

Die Differenz zwischen Kohle und angewandtem rohen Brennstoff ergiebt die flüchtigen Producte nach Abzug des Wassergehaltes.

Um in den flüchtigen Substanzen annähernd den Gehalt an brennbaren und nicht brennbaren Gasen zu erfahren, erhitzt man 5 g Brennmaterial schwach in einem bedeckten tarirten Porzellantiegel mit Loch im Deckel und untersucht die daraus entweichenden Gase mittelst eines brennenden Spanes öfters auf ihre Entzündlichkeit. Sobald sich Entzündlichkeit zeigt, nimmt man den Tiegel vom Feuer, lässt denselben erkalten und wiegt, wo dann der Gewichtsverlust die Menge der unverbrennlichen flüchtigen Substanzen ungefähr ergiebt. Man erhitzt dann den Tiegel wieder zur Rothgluth bis zum Aufhören der Flamme auf dem Deckel, wiegt den erkalteten Tiegel wieder und erfährt so die Menge brennbarer Gase aus dem neuen Gewichtsverlust.

3) Aschengehalt. Der bei der Verkohlungsprobe erfolgte Rückstand wird zerrieben und auf einem Röstscherben (S. 49, Fig. 10) unter der Muffel bis zur völligen Verbrennung der organischen Bestandtheile erhitzt. Die Anwesenheit von Gyps und Schwefelkies, welche bei der Verkohlung und nachherigen Einäscherung verändert werden, beeinträchtigt die Genauigkeit des Proberesultates.[4]) Man beobachtet an der Asche die Farbe, ob sie gesintert u. s. w. Bestimmung.

Zur Entfernung erdiger Beimengungen aus fossilen Brennstoffen vor ihrer Untersuchung rührt man dieselben im zerkleinerten Zustande in Schwefelsäure von 1.4 spec. Gew. (in Sodafabriken in eine Lösung von schwefelsaurem Natron) ein, wo dann nach beendigtem Rühren die erdigen Bestandtheile zu Boden gehen, die auf der Säure schwimmende Kohle mit einem Löffel weggenommen, gut ausgewaschen und getrocknet wird.

---

1) B. u. h. Ztg. 1876, S. 287. 2) B. u. h. Ztg. 1874, S. 96; 1876, S. 83, 286. 3) B. u. h. Ztg. 1876, S. 287. 4) Rivot-Remelé, analyt. Chem. 1, 112, 141.

Verhalten im Feuer u. s. w.

4) **Physikalisches und chemisches Verhalten.** Von Einfluss auf das Verhalten der Brennstoffe im Feuer, die Zerreiblichkeit [1]) u. s. w., sind die Beimengungen fremder Stoffe, Structurverhältnisse, die Dichtigkeit, Grösse und Form der Stücke, das Verhalten beim Einwerfen in die glühende Muffel, wobei sie leicht oder schwierig sich entzünden, mit langer oder kurzer, ruhiger oder prasselnder, heller oder stark rauchender Flamme, mit oder ohne Geruch, mit oder ohne Zerspringen u. dgl. m. verbrennen.

Arten der Wärmeeffecte.

5) **Bestimmung des Wärmeeffectes.** [2]) Es giebt kein **absolutes Maass** für die bei den Verbrennungsprocessen frei werdende und zu benutzende Wärme, wohl aber hat man durch Annahme einer bestimmten Leistung als Grundlage von Vergleichungen ein **relatives Maass** ermöglicht, indem man entweder einen Brennstoff auf verschiedene Wirkungswerthe oder einen Wirkungswerth auf verschiedene Brennstoffe bezieht.

Man drückt die freigewordenen Wärmemengen durch den **absoluten, specifischen und pyrometrischen Wärmeeffect** aus, je nachdem erstere auf das Gewicht oder Volumen der Brennstoffe oder auf die erzielte Verbrennungstemperatur bezogen werden. Erstere beiden bezeichnet man auch wohl mit dem Namen **Brennkraft** oder **calorimetrischer Heizkraft**, letztere mit **Heizkraft** oder **pyrometrischer Heizkraft**. Als Einheitsmaass für die beiden ersten Werthbezeichnungen hat man die **Wärmeeinheiten** oder **Calorien** angenommen, für letztere gewöhnliche **Thermometergrade**.

Theoretische u. wirkl. Verbrennungswärme.

Die theoretisch gefundene Verbrennungswärme wird in der Wirklichkeit nicht erreicht, sondern es geht immer Wärme (bis 50 Proc. und mehr) verloren durch Umwandlung des hygroskopischen und chemisch gebundenen Wassers in Dampf, durch Entwicklung brennbarer Gase in den abziehenden Verbrennungsproducten und durch Rauchbildung, durch in der Asche zurückbleibenden Kohlenstoff, in den glühenden Aschenbestandtheilen, durch Ausstrahlung, Dissociation u. s. w. **Scheurer-Kestner** und **Meunier** [3]) haben neuerdings durch sehr genaue Untersuchungen den Unterschied zwischen der wirklichen Verbrennungswärme fossiler Brennstoffe und derjenigen zu ermitteln gesucht, welche bei der Verbrennung auf einem zweckmässig construirten Roste wirklich erzeugt wird. Man sucht diese Wärmeverluste auf ein Minimum zu reduciren durch anderweite Benutzung der Ueberhitze [4]), möglichst vollkommene Feuerungsvorrichtungen, Anwendung trockner Oefen, trockener Schmelzmaterialien und nicht feuchten kalten oder heissen Verbrennungswindes, gehörige Zerkleinerung der Schmelzmaterialien, zweckmässige Ofenconstruction, Beschränkung der Ausdehnung, der Leitungs- und Strahlungsfähigkeit der Ofenwände, Darstellung brennbarer Gase mit möglichst wenig Stickstoff (z. B. nach **Mallet's** Verfahren), grösstmöglichen Brennstoffconsum in der Zeiteinheit, Verbrennung unter höherem Druck [5]), Anwendung sauerstoffreicherer Luft u. s. w.

Bei der schwankenden Zusammensetzung der meisten Brennmaterialien, sowie dem Umstande, dass selbst bei genauen Durchschnittsanalysen eine Berechnung der Verbrennungswärme unrichtig ist, weil die zusammengesetzten Gase nicht denselben Werth geben, wie deren Elemente für sich berechnet, — können die gewöhnlichen Angaben für deren durchschnittliche Wärmeeffecte nur als beiläufige Anschläge zu betrachten sein, welche für den einzelnen Fall modificirt werden müssen. Nur bei gasförmigem Brennmaterial herrscht in dieser Beziehung mehr Sicherheit. Man zieht theoretischer Ermittlung häufig Versuche im Grossen mit dem Brennstoff an der Arbeit selbst vor, zu welcher das Brennmaterial bestimmt ist. Im Allgemeinen ver-

1) **Dingl.** 110, 212, 263, 278; 114, 346; 162, 278. **Brix**, Unters. d. Brennst. 1853, S. 33. 2) **Gruner-Kupelwieser**, Abhandl. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 43. **Ledebur**, die Oefen f. metallurg. Processe 1878. 3) Polyt. Centr. 1869, S. 1537. 4) **Kerpely**, Fortschr. 2, 166; 3, 148; 4, 143. **Dingl.** 194, 307. 5) Polyt. Centr. 1855, S. 1368. **Dürre's** Giessereibetrieb 2, 310. **Dingl.** 193, 376.

wendet man das ökonomisch billigste Brennmaterial, wenn nicht bestimmte und bezahlte Anforderungen an die Qualität des darzustellenden Productes gemacht werden (Holzkohlen und Cokes bei Erzeugung und beim Guss von Roheisen). Bei der Wahl eines Brennmaterials kommt nicht allein der auf gleiches Gewicht oder Volumen bezogene Bruttokaufpreis in Rücksicht, sondern auch der Wirkungswerth, die absolute gesteigerte Leistung des damit gespeisten Apparates und damit die ersparten Generalkosten.

a) Absoluter Wärmeeffect. Man begreift darunter die auf eine Einheit (gewöhnlich Kohlenstoff) bezogenen relativen Wärmemengen, welche ein bestimmtes Gewichtsquantum verschiedener Brennmaterialien beim vollständigen Verbrennen entwickelt. Begriff.

Der absolute Wärmeeffect ist am grössten, wenn aller vorhandene Kohlenstoff und Wasserstoff sich mit möglichst viel Sauerstoff verbindet, also die höchste Oxydationsstufe erzielt wird, wobei es ganz gleichgültig ist, welche Temperatur die Verbrennungsproducte erhalten und in welchem Masse dieselben mit Stickstoff und freiem Sauerstoff, also mit überschüssiger Luft verdünnt sind.

Zur Bestimmung des absoluten Wärmeeffectes sind unter Anderem nachstehende Methoden zur Ausführung gebracht: Bestimm.-Methoden.

α) Wassererwärmung. Ermittlung der Gewichtsmengen Wasser von 0°, welche 1 Gewichtstheil verschiedener Brennmateriale auf 100° C. erhitzt (Rumford, Despretz, Peclet, Favre und Silbermann u. A.), wobei Rumford nachstehende Verhältnisszahlen erhalten hat: Rumford's Methode.

1 Thl.	erhitzt Wasser von 0 auf 100° C.	C = 1.
Wasserstoff	236 Thle.	3.03
Kohlenstoff	78 „	1.00
Holzkohle	75 „	0.96
Steinkohle	60 „	0.77
Torf	25—30 „	0.33—0.38
Getrocknetes Holz	36 „	0.46
Lufttr. Holz	27 „	0.34

Danach werden von 1 Gew.-Thl. Kohlenstoff 78 Gew.-Thle. Wasser von 0—100° erhitzt oder 1 Thl. Kohlenstoff liefert so viel Wärme, dass dadurch 78 . 100 = 7800 Thle. Wasser um 1° erwärmt werden oder man kann sagen, dass die entwickelte Wärme 1 Gew.-Thl. Wasser um 7800° erwärmen würde. Die auf diese Weise durch Multiplication der Zahlen der ersten Columne mit 100 entstehenden Producte nennt man Wärmeeinheiten oder Calorien. Diese repräsentiren demnach diejenigen relativen Wärmemengen, welche, aus der Verbrennung gleicher Gewichtstheile von Brennstoffen hervorgegangen, die Temperatur gleicher Mengen Wasser um n° erhöhen oder derjenigen Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 1 Gew.-Thl. Wasser (gewöhnlich 1 kg) um 1° des 100theiligen Thermometers zu erwärmen. Schlüsse aus diesen Zahlen.

Aus dem einfacheren Zahlenverhältniss der zweiten Columne ergiebt sich, dass der absolute Wärmeeffect des Wasserstoffs nahezu 3mal so gross ist, als der des Kohlenstoffs. Vergleicht man nun die Sauerstoffmengen, welche Wasserstoff und Kohlenstoff zu ihrer vollständigen Verbrennung bedürfen, nämlich 1 Theil davon resp. 8 und $2^2/_3$ Theile Sauerstoff = 3 : 1, so stehen die von Wasserstoff und Kohlenstoff zur Verbrennung aufgenommenen Sauerstoffmengen in demselben Verhältniss, wie die von Rumford bestimmten absoluten Wärmeeffecte (Welter'sches Gesetz) oder gleiche Sauerstoffmengen entwickeln bei der Verbrennung gleiche Wärmemengen. Man braucht also nur zur Ermittlung der absoluten Wärmeeffecte die Sauerstoffmengen zu bestimmen, welche gleiche Gewichtstheile verschiedener Brennstoffe zu ihrer Verbrennung erfordern. Welter'sches Gesetz.

Neuere genauere calorimetrische Versuche, namentlich von Favre und Silbermann, Dulong, Grassi, Andrews u. A. haben eine Aenderung der Rumford'schen Zahlen erforderlich und dadurch das Welter'sche Gesetz hinfällig gemacht. Dulong, Favre, Silbermann u. A. erhielten folgende Verhältnisszahlen: Einfluss neuerer calorischer Ermittelungen.

Wasserstoff	34462	Favre u. Silberm.	34740	Dulong.
Kohlenstoff zu CO_2 verbr.	8080	„ „		
„ „ CO „	2473	„ „		
Silicium			7830	Troost u. Heaut.
Phosphor			5747	Andrews.
Kohlenoxyd zu CO_2	5607	Favre u. Silberm.		
Sumpfgas, CH_4	13063	„ „		
Oelbildendes Gas C_2H_4	11858	„ „		
Stearinsäure	9820	„ „		
Weingeist	7184	„ „		
Eisen zu FeO			1258	Gruner (1350 Müller).[1]
„ „ Fe_3O_4			1677	„
„ „ Fe_2O_3			1887	„
Holzkohle zu CO_2	8000	Favre u. Silberm.	7500	„
„ „ CO	2400	„ „		
Steinkohle, anthracitische			9200—9500	Scheurer-Kestner, Meunier, Gruner u. A.
„ kurzflammige Backkohle			9300—9600	
„ eigentliche „			8800—9300	
„ langflammige „			8500—8800	
„ „ Sandkohle			8000—8500	
Braunkohlen, fette			7000—8000	
„ erdige und fossiles Holz			6000—7000	
Torf			2500—3000	
Holz, getrocknet			4000	
„ lufttrocken			3000—3200	
Cellulose			3622	

Nach diesen Zahlen verhalten sich die absoluten Wärmeeffecte von Wasserstoff und Kohlenstoff wie 4.3 : 1 oder 4.8 : 1.

Nach Rankine, Bethke und Lürmann[2]) ist indes das Welter'sche Gesetz richtig, wenn sich der Aggregatzustand der verbrennenden Körper nicht ändert, wie bei den brennbaren Gasen. Bei der Verbrennung fester Körper zu gasförmigen Producten muss die latente Vergasungswärme der ersteren in Rechnung gezogen werden.

Ausser durch die chemische Zusammensetzung des Brennstoffs wird der absolute Wärmeeffect durch dessen Molecularbeschaffenheit[3]) verändert und nimmt nach den Untersuchungen von Favre und Silbermann mit steigendem spec. Gew. ab; auch ist ein krystallinischer Zustand von Einfluss. Es geben z. B.

Reine Holzkohle	8080	Wärmeeinheiten,
Retortengraphit	8047	„
Natürlicher Graphit	7810	„
Hohofengraphit	7785	„
Diamant	7770	„
Krystallisirter Schwefel	2262	„
Geschmolzener „	2217	„

Rankine hat darauf aufmerksam gemacht, dass, wenn man 1 kg Holzkohle auf zweimal verbrennt, erst zu CO, dann dieses zu CO_2, zuerst 2473 W.-E. entstehen, zu zweit aber 8080—2473 = 5607, was seinen Grund darin hat, dass die zuerst verbrannte Substanz fest, das anderemal gasförmig ist und daher im ersten Falle ein Theil der bei der Verbindung entwickelten Wärme auf Vergasung des Brennstoffs verwendet wurde, nämlich 5607—2473 = 3134 Wärmeeinheiten. Die wahre Wärmemenge von 1 kg verbrennender Holzkohle zu CO_2 wäre 8080 + 3134 = 11114 Wärmeeinheiten. — Zusammengesetzte Brennstoffe ergeben bei der Verbrennung die Summe der Wärmeeinheiten ihrer Bestandtheile, wenn sie Gemenge sind; berechnet man aber aus der Zusammensetzung einer chemischen, aus C und H bestehenden Verbindung die Wärmeeffecte, so stimmen dieselben nicht mit den beobachteten Effecten überein. Es berechnen sich z. B.

1) Ableitung der Formeln in Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1878, S. 548. 2) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 19, 648.

$$\frac{3}{4} \cdot 11214 + \frac{1}{4} \cdot 34462 = 17026 \text{ Wärmeeinheiten für } CH_4,$$
$$\frac{6}{7} \cdot 11214 + \frac{1}{7} \cdot 34462 = 14535 \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad C_2H_4,$$

während nach der Tabelle von Favre und Silbermann resp. 13063 und 11858 Wärmeeinheiten gefunden sind Es repräsentiren also die Differenzen 17026—13063 = 3963 und 14535—11858 = 2677 mit ziemlicher Annäherung die Anzahl Wärmeeinheiten, welche in den beiden Gasen zur Trennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs nöthig waren. Das Dulong'sche Gesetz, nach welchem die von 1 kg Brennmaterial erzeugte Wärmemenge die Summe der Wärmemengen sein soll, welche man nach obiger Tabelle enthielte, wenn man den darin enthaltenen Kohlenstoff und Wasserstoff einzeln verbrennen würde, vernachlässigt die innere und Dissociationsarbeit und gewährt keine Sicherheit.

β) Eisschmelzung und Lufterwärmung.[1]) Statt, wie bei der vorstehenden Methode die aus einem Brennstoff entwickelte Wärme behuf ihrer Messung an Wasser zu binden, hat man sie auch zum Schmelzen von Eis (calorimetrische Methode von Dalton, Laplace, Lavoisier, Miller, Bunsen), sowie zum Erwärmen von Luft verwandt (Marcus Bull, Stöckhardt). *Methode von Dalton etc.* *Lufterwärmung.*

γ) Wasserverdampfung. Ermittlung der Wassermenge, welche 1 Gewichtsquantum Brennmaterial in Dampf (nach Brix von 110 bis 115°, nach Hartig von 150°) verwandelt, ein für technische Zwecke, namentlich für Dampfkesselfeuerungen im Grossen, in Dampfkesseln öfters ausgeführtes Verfahren (Brix[2]), Karmarsch[3]), Johnson[4]), de la Bèche und Playfair[5]), Hartig[6]), Stein[7]), Zeh[8])). Zum Vergleich der Brix'schen mit den Hartig'schen Zahlen müssen letztere mit 0.923 multiplicirt werden. Bolley[9]) hat zur Heizkraftbestimmung ein Dampfcalorimeter im kleinen Massstabe construirt. *Methode von Karmarsch u. A.*

Dieses Verfahren ergiebt nur den nutzbar gemachten Theil der entwickelten Wärme, welcher je nach den Dimensionen und der Form des Kessels, der Rostconstruction, der Unterhaltung des Feuers, der Zusammensetzung des Brennstoffs u. s. w. sehr verschieden ausfallen kann. Am geeignetsten zum Versuche sind Kessel mit innerer Feuerung, wie sie u. A. Deville[10]) bei Versuchen mit Petroleum als Heizmittel anwendete.

Durchschnittlich verdampft 1 Theil Brennstoff folgende Wassermengen: Holz getrocknet und ungetrocknet resp. 4.44—3.68, Torf getrocknet und ungetrocknet 4.62—6.49 und 5.04, Braunkohle getrocknet 4.81, langflammige Sandkohle 6—7.5, langflammige Backkohle 7—8.3, eigentliche Backkohle 8.4—9.2, kurzflammige Backkohle 9.2—10, anthracitische Kohle 8—9.5 Theile.

Erfahrungsmässig werden bei Dampfkesselfeuerungen nur 40—80 % und selbst bei guten Anlagen nur 60—66 % des absoluten Heizeffectes (durch die Elementaranalyse oder die Berthier'sche Probe ermittelt) nutzbar gemacht. Rankine hat Verdampfungseinheit die von 1 kg Wasser bei seiner Verdampfung bei 100° aufgenommene Wärmemenge genannt.

δ) Auf das Welter'sche Gesetz (S. 77) basirte Methoden und zwar:

a) Analytisch-chemisches Verfahren (Elementaranalyse). Das Brennmaterial wird einer organischen Analyse[11]) unterworfen und berechnet, wie viel Sauerstoff einer Gewichtseinheit davon zur *Analytisches Verfahren.*

---

1) Bunsen's Eiscalorimeter in Dingl. 210, 428. Bolley, Handb. d. chem.-techn. Untersuchungen 1874, S. 525. 2) Brix, Unters. über d. Heizkr. d. wichtigst. Brennst. des Preuss. Staates Berlin 1853. 3) Mitth. d. Hann. Gew.-Ver. 1835, S. 311. 4) Verhandl. d. Gew.-Ver. z. Beförder. d. Gewerbfleisses in Preussen 1846, S. 137. 5) Dingl. 110, 212, 263; 114, 345. 6) Hartig, Unters. über d. Heizkr. der Steinkohlen Sachsens. Leipzig 1860. 7) Chem.-techn. Unters. d. Steinkohlen Sachsens. Leipzig 1857. 8) v. Kerpely's Fortschr. 2, 48. 51. 9) Schweiz. polyt. Ztschr. 1855. 10) Dingl. 189, 192 u. 193. 11) Rammelsberg's quant. chem. Analyse 1863, S. 273. *Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1877, No. 49.

völligen Verbrennung zugeführt werden muss, wobei man aber den im Brennstoff gefundenen Sauerstoffgehalt an Wasserstoff bereits zu Wasser verbunden annimmt (Scheerer, Peters, Stein[1]), Drenckmann[2])).

Wie bereits (S. 78) bemerkt, erfolgen selbst bei genauen Durchschnittsanalysen der Brennstoffe bei der Berechnung unrichtige Resultate, weil neueren Untersuchungen zufolge zusammengesetzte Gase nicht denselben Werth geben, wie deren Elemente für sich berechnet. Ferner ist es schwierig, richtige Durchschnittsproben zu nehmen, viele Kohlen erleiden schon bei gewöhnlicher Temperatur in verhältnissmässig kurzer Zeit eine Aenderung in der Zusammensetzung, die Asche der Kohle ist hinsichtlich ihrer Qualität und Quantität wesentlich von den in der Kohle thatsächlich enthaltenen mineralischen Theilen verschieden, Kohlen von nahezu gleicher Zusammensetzung können nach Scheurer-Kestner und Meunier durchaus verschiedene Wärmeeffecte geben u. s. w. Weyl[3]) hat alle diese Punkte näher erörtert, um zu beweisen, dass die Elementaranalyse behuf Ermittlung des Heizwerthes eines Brennstoffes den Verdampfungsversuchen gegenüber wenig Werth beanspruchen kann. Derselbe schlägt, da Verdampfungsversuche kostspielig sein können, als eine in Laboratorien ausführbare Untersuchungsmethode die trockene Destillation der Brennstoffe und die analytische Untersuchung der festen, flüssigen und gasförmigen Producte davon vor.

Berthier's Probe.

b) Docimastische Probe nach Berthier. Man mengt zu einer 2—4fachen Probe jedesmal 1 g feinzertheiltes genau abgewogenes Brennmaterial in der Mengkapsel (Fig. 50, S. 18) oder im Schmelzgefässe innig mit 40—50 g feingesiebter, von Bleikörnchen freier Glätte, giebt der Masse in einer Bleitute (Fig. 49, S. 13) eine Decke von noch 20—25 g Glätte und bringt dieselbe im bedeckten Zustande im Muffelofen, nachdem dessen Mündung mit Kohlen zugelegt, rasch zum Rothglühen, wobei durch die oxydabeln Bestandtheile des Brennstoffes metallisches Blei reducirt wird, welches als König erfolgt, wenn man die Tute nach etwa $^3/_4$stündiger Schmelzzeit aus der Muffel nimmt, erkalten lässt und aufschlägt. Die Probe erfordert sorgfältige Leitung der Temperatur und inniges Mengen des scharf abgewogenen Brennstoffs mit der Glätte.[4])

Da nach dem Welter'schen Gesetze die absoluten Wärmeeffecte mit den aufgenommenen Sauerstoffmengen, die wieder den aus der Glätte abgeschiedenen Bleiquanten entsprechen, im Verhältniss stehen, so geben die Gewichte der Bleikönige, welche beim Behandeln gleicher Mengen verschiedener Brennstoffe mit Bleiglätte erfolgen, das Verhältniss der absoluten Wärmeeffecte an, wobei zur Vergleichung dienen kann, dass 1 Thl. reiner Kohlenstoff 34 (genauer 34.52) Thle. Blei reducirt. Nennt man p das Gewicht des erhaltenen Bleikönigs, so ist der absolute Wärmeeffect des betreffenden Brennmaterials im Vergleich zur Einheit, zum Kohlenstoff, $= \frac{p}{34.5}$ und in Wärmeeinheiten x ausgedrückt $\frac{8080}{34.5}$ p = 234 . p Wärmeeinheiten.

Mängel der Probe.

Die nach dieser Probe erhaltenen Resultate[5]) können bei festen Brennstoffen nicht genau sein, sondern sind nur annähernde, was seinen Grund in dem Hinfälligwerden des Welter'schen Gesetzes für feste Brennstoffe hat (S. 18) und weil die von Wärmebindung begleitete innere und Dissociationsarbeit (S. 79) nicht in Rücksicht kommt, in Folge dessen die ermittelten Wärmeeffecte gegen andere genaue calorimetrische Bestimmungen bei wasserstoffreicheren Brennstoffen um ein Neuntel bis die Hälfte zu niedrig ausfallen; die Resultate nähern sich aber um so mehr der Wahrheit, je ärmer der Brennstoff an freiem Wasserstoff und je reicher

---

1) Wagn. Jahresber. 1868, S. 790. Dingl. 135, 461. Berggeist 1859, No. 15, 66. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 2, 223. 2) Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1877, No. 49. 3) Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878, No. 24. 4) B. u. h. Ztg. 1862, S. 148. 5) Knapp, chem. Technologie 1, 301, 302.

an Kohlenstoff er ist, wo dann das Verfahren bei grosser Bequemlichkeit und rascher Ausführbarkeit für die Praxis völlig brauchbare Resultate giebt, besonders wenn dasselbe bei verschiedenen Sorten ein und desselben Brennstoffes angewandt wird. [1]) Bei sehr grossem Wasserstoffgehalt muss x noch mit einem Coëfficienten multiplicirt werden, welcher zwischen 1 und $^{9}/_{8}$ liegt. Ein Wasser- und Schwefelkiesgehalt influirt auf das Proberesultat. — Hinrichs[2]) berechnet nach dem Wasser- und Aschengehalt das reducirte Blei auf das Gewicht der in den Brennmaterialien erhaltenen brennbaren Stoffe.

Strohmeyer verbrennt das Probematerial nach Art einer organischen Analyse mit Kupferoxyd, wobei sich eine, dem abgegebenen Sauerstoff entsprechende Menge von metallischem Kupfer erzeugt. Diese giebt beim Behandeln des Rückstandes mit Eisenchloridlösung Eisenchlorür, welches mit Chamäleon titrirt wird. Strohmeyer Modification

Von den angeführten Methoden werden für die Praxis hauptsächlich die Wasserverdampfung und Berthier's Probe, umständlicher die Berechnung aus der Analyse angewandt.

In wie weit die Resultate der Praxis von den theoretisch gefundenen abweichen können, ergeben folgende von Dürre[3]) mitgetheilten Beispiele: Beispiel

a) Beim Umschmelzen des Roheisens in Tiegeln verbraucht man auf 100 Pfd. (50 kg) Roheisen im allergünstigsten Fall 80 Pfd. Cokes. Nach der Formel

W = Q . t . w, worin
Q = Quantum flüssig herzustellenden Roheisens = 1 Pfd.
t = Schmelztemperatur des Roheisens = 1500° C.
w = Coëfficient der specifischen Wärme des Roheisens bei dieser Temperatur = 0.146484,

ist die zum Schmelzen von 1 Pfd. Roheisen erforderliche Wärmemenge

W = 1 . 1500 . 0.146484 = 220 Wärmeeinheiten oder für 100 Pfd. Roheisen = 22000 Calorien. Da nun zu Kohlenoxydgas verbrennender Kohlenstoff (wie dieses in vorliegendem Falle der Hauptsache nach stattfinden dürfte) 2400 Pfd. Wärmeeinheiten pro Pfd. Kohlenstoff giebt (S. 78), so entwickelt 1 Pfd. Cokes mit 80 Proc. Kohlenstoff 1920 Wärmeeinheiten. Bei einem Vergleich dieses Werthes mit dem pro 100 Pfd. Roheisen berechneten Wärmeaufwand erweisen sich als für den Tiegelguss nothwendig $\frac{22000}{1920}$ Pfd. Cokes pro 100 Pfd. Roheisen oder 11.4 Pfd. von 80 Proc. Kohlenstoffgehalt. Da in Wirklichkeit aber 80 Pfd. verbraucht werden, so ergiebt sich der bedeutende Wärmeverlust von 85.75 Proc. beim Schmelzen in Folge der Leitungsverluste nach der Esse hin und durch das Missverhältniss der Tiegeloberfläche und der zu heizenden Fläche des Ofeninnern.

b) In Cupoloöfen, worin der Kohlenstoff theilweise zu Kohlensäure, theilweise zu Kohlenoxydgas verbrennt, beträgt der Mehrverbrauch an Brennstoff das 2—3fache von dem theoretisch erforderlichen in Folge der Strahlungsverluste durch den Ofenmantel und die Leitungsverluste in den Gichtgasen.

c) In Flammöfen steigt der Mehrverbrauch an Brennstoff bis auf das 16fache von dem theoretisch erforderlichen wegen grösseren Strahlungsverlustes durch die ausgedehntere Ofenoberfläche und der erforderlichen Erhitzung der Verbrennungsluft und der Verbrennungsproducte, welche bei ihrer Geschwindigkeit die Wärme nur unvollständig abgeben.

Von besonderer Wichtigkeit sind die calorischen Untersuchungen von Schinz, welche sich erstrecken: auf den Verbrennungsprocess; auf die Contactfläche und den Einfluss der Temperatur; auf die specifische, latente und Verbindungswärme der im Ofen auftretenden Körper; auf die Transmission der Wärme durch die Ofenwände; auf den Eisenhohofenprocess selbst, sowie auf den Zustand der Schmelzsäule. Diese in Schinz' Wärmemesskunst, dessen pyrotechnischer Rundschau, den Documenten betr. den Eisenhohofen, den Studien über den Eisenhohofenbetrieb in Dingler's Journal u. a. niedergelegten Arbeiten sind von Dürre in seinem Hand-

---

1) B. u. h. Ztg. 1864, S. [illegible] u. h. Ztg. 1868, S. 138. 3) Dürre, Giessereibetrieb 2, 16. 148. B. u. h. [illegible]

buch des Giessereibetriebes, Bd. 2, S. 281, im Auszug mitgetheilt und auf den Cupolo- und Flammofenbetrieb übertragen.

Spec. W.-E. b) Specifischer Wärmeeffect. Derselbe drückt die relativen Wärmemengen aus, welche gleichgrosse Volumina verschiedener Brennstoffe liefern, und ergiebt sich, wenn man den absoluten Wärmeeffect mit den specifischen Gewichten der Brennstoffe multiplicirt. Letztere werden dadurch ermittelt, dass man ein bestimmtes Volumen des Brennstoffes (Scheffel, Tonne, Hektoliter) zu verschiedenen Malen wägt, aus den erfolgenden Zahlen den Durchschnitt nimmt und letztere Zahl durch das Gewicht eines gleichen Volumens Wassers dividirt. 1 preuss. Cbkf. Wasser wiegt 61.74 Pfd. à 0.5 kg.

Im Allgemeinen steigert ein dichterer, schwererer Brennstoff die auf eine bestimmte Zeiteinheit bezogene Leistung, die Production steigt und Verwaltungs- und Aufsichtskosten vertheilen sich auf eine grössere Summe verkäuflicher Producte, in Folge dessen der Gewinn zunimmt.

Pyrometr. W.-E. c) Pyrometrischer Wärmeeffect oder Verbrennungstemperatur, welche sich in den vom Brennmaterial und der zugeführten Luft entstehenden Verbrennungsproducten erzeugt. Derselbe hängt, wenn die Menge der entwickelten Wärme gleich bleibt, von der Zusammensetzung des Brennstoffes und demgemäss von den die Wärme beim Verbrennen desselben aufnehmenden Verbrennungsproducten hinsichtlich ihrer Menge, ihres Druckes und ihrer specifischen Wärme (der Fähigkeit, bei Aufnahme einer bestimmten Wärmemenge eine mehr oder weniger hohe Temperatur anzunehmen) ab, sowie namentlich auch von der durch den auftretenden Wasserdampf absorbirten Wärme und der Menge der Verbrennungsluft. Da der pyrometrische Wärmeeffect um so grösser ist, auf eine je kleinere Masse der Verbrennungsgase sich eine möglichst grosse Wärmemenge vertheilt, so darf man zur Erzeugung hoher Temperaturen nicht mehr Luft zuführen, als die Verbrennung absolut erfordert.

Der pyrometrische Wärmeeffect lässt sich bestimmen

Berechnungsweise. α) durch Berechnung [1]), indem nach den u. A. von Scheerer entwickelten Formeln die Verbrennungstemperatur eines einfachen Körpers in Sauerstoff gleich ist seinem in Wärmeeinheiten ausgedrückten absoluten Wärmeeffect, dividirt durch das Product aus dem Gewichte seines Verbrennungsproductes und dessen specifischer Wärme. Bei zusammengesetzten Substanzen muss die Division in obigem Ausdrucke durch die Summe der Producte aus den Mengen der einzelnen Verbrennungsproducte und ihren specifischen Wärmen geschehen.

Auf Grund solcher Berechnungen hat man folgende Temperaturen gefunden beim Verbrennen von

1) Scheerer, Met. 1, 145. 385. Percy-Knapp, Met. 1, 62. Knapp, chem. Techn. 1, 306. Fresenius in Wagn. Jahresb. 1868, S. 790. Rammelsberg, Met. 1865, S. 60. Debray in B. u. h. Ztg. 1863, S. 333. Schinz in Dingl. 142, 261; B. u. h. Ztg. 1857, S. 75. Gröbe-Lürmann in Oest. Ztschr. 1878, No. 13. Gruner-Kupelwieser c. l. S. 58. Berthelot, über Verbrennungstemperaturen in B. u. h. Ztg. 1878, S. 176. Ledebur, die Oefen f. metallurg. Processe 1878.

	in Sauerstoff:			in Luft:				
	Scheerer	Gruner	Knapp	Scheerer	Gruner	Knapp	v. Reiche	Bunsen
ohlenstoff zu Kohlensäure .	9873°	10015°	10179°	2458°	2716°	2703°	3146°	—
ohlenstoff zu Kohlenoxyd .	—	6950	—	1310	1536	—	1585	—
ohlenoxyd zu Kohlensäure	5316—7090	—	—	2121—2828	—	—	—	1997
elbildendes Gas	6308	—	—	2290	—	—	—	—
ampfgas	4766	—	—	1935	—	—	—	—
asserstoffgas .	4073	6744	—	2080	2694	—	—	2024

v. Reiche berechnet z. B. die Temperaturen beim Verbrennen von Kohlenstoff zu Kohlenoxyd und Kohlensäure in der Luft wie folgt: **Beispiele.**

a) $C + O = CO$. Ist das Atomgewicht von $C = 6$, $O = 8$, so ist $CO = 14$. Da nicht reiner O, sondern Luft angewendet wird, so kommen zu 8 O noch $3 . 8 = 24$ Stickstoff, so dass das ganze Gasgemenge $14 + 24 = 38$ kg wiegt, auf welche letztere sich $6 \times 2473 = 14838$ Calorien vertheilen, also auf 1 kg $= \frac{14838}{38} = 390$ Calorien. Durch Division dieser Zahl mit der spec. Wärme des Gasgemenges erfolgt dessen Temperatur. Da die specifische Wärme unbekannt ist, diese von N aber $= 0.244$ und von $CO = 0.2479$ ist, so geht man nicht viel fehl, wenn diejenige des Gemisches zu 0.246 angenommen wird, woraus sich $t = \frac{390}{0.246} = 1585°$ C. ergiebt.

b) $C + 2\,O = CO_2$. Es ist $C = 6$, $O = 8$ und $CO_2 = 22$, d. h. 6 kg C verbrennen mit $2 . 8$ kg $= 16$ kg O zu 22 kg CO_2. Dazu kommen $3 . 16 = 48$ kg N der Luft, daher wiegt das Gasgemisch $22 + 48$ kg $= 70$ kg, auf welche sich $6 . 8080 = 48480$ Calorien vertheilen oder auf 1 kg Gas $\frac{48480}{70} = 692$ Calorien. Da die spec. Wärme der $CO_2 = 0.2164$, so ist die des Gasgemenges etwa 0.22, folglich $t = \frac{692}{0.22} = 3146°$ C. Wird nun berücksichtigt, dass man in Wirklichkeit die doppelte Luftmenge braucht, so sind dem Gasgemenge noch 16 kg O und 48 kg N, zusammen 64 kg zuzurechnen, so dass dasselbe $70 + 64 = 134$ kg wiegt, auf welche sich auch nur 48480 Calorien vertheilen, oder es kommen auf 1 kg Gas $\frac{48480}{134} = 362$ Calorien und durch 0.22 spec. Wärme dividirt, ist $t = \frac{362}{0.22} = 1646°$ C.

Mit der Vergrösserung des absoluten Wärmeeffectes, z. B. durch Verbrennung einer grösseren Quantität Brennstoff in der Zeiteinheit, steigert sich auch die Temperatur und sind in dieser Beziehung Porosität und Vertheilung des Brennstoffs, Strahlung, Temperatur der Verbrennungsluft u. A. von Einfluss. Dass Kohlenoxydgas beim Verbrennen eine höhere Temperatur geben kann, als Kohlenstoff, hat seinen Grund in dem hohen absoluten Wärmeeffect des ersteren (S. 78) und in dem Umstande, dass beim Verbrennen in der Luft 1 Theil Kohlenoxydgas 2.47 und 1 Theil Kohlenstoff 12.57 Theile gasförmige Verbrennungsproducte giebt.

Gröbe und Lürmann theilen folgende beiden Zahlenreihen mit, deren eine (a) die Temperaturen nachweist, welche theoretisch erzielt werden können, wenn Gase und Luft mit 0° Anfangstemperatur zur Verbrennung gelangen, und deren andere (b) die Temperaturen ergiebt, welche theoretisch erzielt werden bei einem Ueberschuss von 100 % Luft bei auf einem Rost vorgenommener Verbrennung und mit einem Ueberschuss von 10 % Luft bei der Verbrennung der Gase:

	a.	b.
Fester Kohlenstoff zu Kohlenoxyd	1500° C.	818° C.
Hohofengase	1529 „	1428 „
Gase aus einem Siemens-Generator	1668 „	1598 „
Kohlenoxyd zu Kohlensäure	1905 „	1300 „
Cokesgase im gewöhnlichen Generator	1909 „	1764 „
Gase aus dem Gröbe-Lürmann-Generator	2137 „	2024 „
Leichter Kohlenwasserstoff	2425 „	1312 „
Fester Kohlenstoff zu Kohlensäure	2745 „	1419 „
Schwerer Kohlenwasserstoff	2750 „	1467 „
Wasserstoff zu Wasserdampf	2760 „	1560 „

Theoret. u. wirkliche Effecte.

Die abweichenden Zahlen haben ihren Grund zum Theil in den unsicheren Angaben über die specifische Wärme der Gasgemische, sowie in der Unsicherheit der Ermittlung des absoluten Wärmeeffectes, und sind als Maxima anzusehen, welche in Wirklichkeit nicht erreicht werden. Deville fand z. B. die wirkliche Verbrennungstemperatur für in Sauerstoff verbrennenden Kohlenstoff und Wasserstoff zu resp. 2500—2700° und 2500°, Bunsen die wirklichen Verbrennungstemperaturen in der Luft zu höchstens 1700—1800°, hauptsächlich in Folge Dissociation gas- und dampfförmiger Verbrennungsproducte.

Abhängigkeit der Temperat.

Auf die Höhe der zu erreichenden Temperatur haben besonders Einfluss:

a) ein zu- oder abnehmender Kohlenstoffgehalt. Während die absoluten Wärmeeinheiten von Kohlenstoff und Wasserstoff sich wie etwa 1 : 4 verhalten, so ist der pyrometrische Wärmeeffect beim Kohlenstoff höher, was darin seinen Grund hat, dass der beim Verbrennen des Wassers erhaltene Wasserdampf eine beinahe 4mal so grosse Wärmemenge bindet, um bis zu einem gewissen Grade erhitzt zu werden, als die Kohlensäure und dazu noch 1 Theil Wasserstoff 9 Theile Wasserdampf, 1 Theil Kohlenstoff nur $3^2/_3$ Theile Kohlensäure giebt. Während danach zur Erzeugung hoher Temperaturen möglichst kohlenstoffreiche Brennstoffe (verkohlte Brennmaterialien, Anthracit u. s. w.) anzuwenden sind, so eignen sich für mindere Temperaturen (z. B. bei Abdampfprocessen) wasserstoffreiche Brennstoffe, weil der entstandene Wasserdampf Gelegenheit findet, seine Wärme den zu erhitzenden Substanzen mitzutheilen;

b) die Dichtigkeit der Brennstoffe [1]) Je dichter das Brennmaterial, um so weniger leicht wird die bei der Verbrennung gebildete Kohlensäure in Berührung mit einem bestimmten Volum des Brennmaterials (bei Cokes weniger als bei Holzkohlen) in Kohlenoxydgas umgewandelt, wobei eine Temperaturerniedrigung von 2458—1310 = 1148° entsteht. Nach Bell erzeugt Kohlensäure in Rothgluth über Holzkohlen geleitet annähernd die 6fache Menge Kohlenoxyd, als beim Ueberleiten über dichte Cokes, welche deshalb eine höhere Temperatur geben als Holzkohlen, namentlich bei Anwendung erhitzter Luft, welche die Kohlensäurebildung befördert. Dass Kohlenoxyd höhere Temperaturen beim Verbrennen geben kann, als Kohlenstoff, hat seinen Grund in dem hohen absoluten Wärmeeffect des ersteren (S. 78) und in dem Umstande, dass beim Verbrennen in der Luft 1 Thl. Kohlenoxydgas 2.47 und 1 Thl. Kohlenstoff 12.57 Thle. gasförmige Verbrennungsproducte erzeugt;

c) der Wasser- und Aschengehalt. 1 Theil Wasser im Brennmaterial nimmt etwa 435° C. Wärme in dem erzeugten Wasserdampf weg (S. 84), weshalb sich zur Erzeugung höherer Temperaturen die Anwendung möglichst wasserarmer (Anthracit, Steinkohle) oder gedarrter Brennstoffe empfiehlt. Bei Zerlegung des Wasserdampfes durch glühende Kohlen erfordern 9 Theile Dampf 34,462 Calorien und geben durch Kohlenoxydgasbildung 14,838 Calorien, also 19,624 Calorien Verlust. Die Asche bedarf zur Schmelzung Wärme und führt dieselbe, weil heiss aus dem Verbrennungsraume geschafft, zum Theil mit fort;

1) Engin. and Min. Journ. 1878, Vol. 26, No. 10, p. 165.

𝔡) die Menge der Verbrennungsluft. Man muss in der Praxis bei Anwendung fester Brennstoffe zwischen zwei Uebeln wählen, entweder bei vollständiger Verbrennung mit Luftüberschuss eine niedrigere Verbrennungstemperatur zu erhalten (S. 83) oder ohne Luftüberschuss eine höhere Temperatur, aber bedeutenden Verlust an gar nicht entwickelter Wärme zu haben. Enthält 1 kg Brennmaterial C Gramm Kohlenstoff, H Gramm Wasserstoff und O Gramm Sauerstoff, so ist das theoretische Luftgewicht L', welches mindestens zur vollkommenen Verbrennung nöthig ist, in Kilogramm $L' = 0.012 \left[C + 3 \left(H - \frac{O}{8}\right)\right]$ kg, das wirkliche aber $L = L' . m$, worin m zwischen 1 und 2 liegt. Das Volumen der Luft berechnet sich zu $V = 0.00288\ T . L$, worin T die absolute Temperatur der atmosphärischen Luft und 0.00288 das Verhältniss zwischen der Constanten 29.4 für feuchte Luft und der Pressung in kg pro qm ist, letztere constant und im Mittel 750 mm Quecksilbersäule. Das Gewicht der Verbrennungsproducte ist $G = L + 1$.

Die zur Verbrennung von 1 kg verschiedener Brennstoffe erforderlichen Luftmengen und die daraus hervorgehenden Verbrennungsgase ergeben sich nach Hausding aus umstehender Tabelle (S. 86).

In Wirklichkeit braucht man nahezu die doppelte Menge Luft von der theoretisch gefundenen bei directer Feuerung, bei Regenerativgasfeuerung aber kommt man der theoretischen Menge am nächsten, was zur Steigerung der Temperatur beiträgt.

𝔢) Das in einer Zeiteinheit verbrannte Brennstoffquantum, mit dessen Steigen sich der pyrometrische Wärmeeffect erhöht (S. 83). Von Einfluss darauf ist die Geschwindigkeit oder Pressung der zugeführten Luft, somit das Vorhandensein von Essen und Gebläsen, dann die Zertheiltheit des Brennstoffs.

𝔣) Die Dissociation[1]) der Verbrennungsproducte, d. h. die unter starker Wärmeabsorption stattfindende Zerlegung der gas- und dampfförmigen Verbrennungsproducte, welche zuerst von Deville beobachtet worden. Während nach der Berechnung Wasserstoff und Kohlenoxyd bei der Verbrennung in Sauerstoff Temperaturen von resp. von 4073 und bis 7090° geben, so erfolgen in Wirklichkeit nur solche von resp. 2500 und 3500°, weil der gebildete Wasserdampf schon bei 1000° in Wasserstoff und Sauerstoff, Kohlensäure bei 1200° in Kohlenoxyd und Sauerstoff sich zerlegt. Kohlenoxyd dissociirt sich bei höheren Temperaturen weniger leicht als Kohlensäure, dagegen aber leichter in niedrigen Temperaturen bei Anwesenheit von Eisenoxyd. Mit der Pressung der Gase nimmt das Dissociationsbestreben ab.

𝔤) Die Gasentwicklung bei der Verkohlung. Bei Anwendung roher Brennstoffe, z. B. in Schachtöfen, wird bei der Verkohlung um so mehr Wärme gebunden, je reichlicher sich Gase entwickeln. Erbreich berechnet die zur Austreibung jeder Gewichtseinheit Steinkohlengas aus roher Kohle erforderliche Wärme zu 2514 Calorien.

𝔥) Die Wärmeabsorption von den Ofenwänden, je nach der Wärmeleitungsfähigkeit und der etwaigen mehr oder weniger starken Kühlung variabel.

Bei Anwendung von Luft statt Sauerstoffs sinkt die Verbrennungstemperatur, da das Stickgas einen Theil der entwickelten Wärme aufnimmt und muss bei der Rechnung die Quantität des abgeschiedenen Stickstoffs, sowie die mittlere Temperatur in Rücksicht gezogen werden, welche durch Mischen desselben mit den Verbrennungsproducten entsteht.

β) Durch Pyrometer.[2]) Die Angaben derselben sind meist mehr relative (Pyroskope), als absolute, indem sie nachweisen, ob z. B. in einem Ofen ein und dieselbe Temperatur herrscht. Dieselben sind schwer mit einem Normalinstrument zu vergleichen und die Angaben werden durch den häufigen Einfluss der Hitze auf die Instrumente noch unzuverlässiger. Andere genauere Instrumente sind wieder schwer auszuführen, kostspielig oder können nur von Personen ge- Schattenseite der Pyrometer.

1) B. u. h. Ztg. 1866, S. 52; 1869, S. 224, 230; 1874, S. 210. Dingl. 181, 285. 291. v. Kerpely, Fortschr. 6. 57. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878, No. 26, S. 234.

2) Citate in Kerl's Met. 1, 228—236. Dingl. 208, 124; 225, 272. 463. Ferrini's Technologie d. Wärme 1878, S. 18. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 20, 318. Kerl, Thonwaarenindustrie, 2. Aufl., S. 260.

Tabelle

über die zur Verbrennung von je 1 Kilogr. verschiedener Brennstoffe nöthigen Luftmengen und die daraus hervorgehenden Verbrennungsgase.

Benennung des Brennstoffes	Gehalt an			Der Kohlenstoff			D. fr. Wasserstoff			Daher Gesammtbedarf an Sauerstoff ³)		Mit diesem aus der Luft zugeführten Stickstoff ⁴)		also erforderliche einfache theor. Luftmenge ⁵)		Das im Brennstoff enthaltene Wasser giebt Wasser-Dampf		dah. im Ganzen b. d. Verbrennung hervorgehende Gasmenge in Cubikm.			
	Kohlenstoff	frei. Wasserstoff	chem. u. hygrosk. Wass.	erfordert Sauerstoff a. $\frac{16}{6}$	und giebt damit Kohlensäure ¹)		erfordert Sauerstoff 8. b	und giebt damit Wasserdampf ²)		d + g								bei Zuführung der einfachen Luftmenge f + i + n + r		bei Zuführung der doppelten Luftmenge f + i + n + r + p	
	Kilogramm			k	k	cbm	k	k	cbm	k	cbm	k	cbm	k	cbm	k	cbm	bei 0°	bei 300°	bei 0°	bei 300°
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v
Holz, lfttr., m. 20% Wasser . . .	0.40	—	0.59	1.067	1.467	0.742	—	—	—	1.067	0.748	3.552	2.812	4.619	3.560	0.59	0.735	4.289	9.007	7.849	16.483
„ halbged., m. 10% Wasser	0·45	—	0.54	1.200	1.650	0.835	—	—	—	1.200	0.840	3.989	3.158	5.189	3.998	0.54	0.672	5.496	11.542	9.494	19.937
„ gedarrt . . .	0.50	—	0.49	1.333	1.833	0.927	—	—	—	1.333	0.933	4.431	3.508	5.764	4.441	0.49	0.610	5.045	10 595	9.486	19.921
Holzkohle, lufttr., mit 12% W.	0.85	—	0.12	2.267	3.117	1.577	—	—	—	2.267	1.587	7.529	5.967	9.796	7.554	0.12	0.149	7.693	16.155	15.247	32.019
„ völlig tr.	0.97	—	—	2.553	3.523	1.783	—	—	—	2.553	1.787	8,486	6,719	11 039	8.506	—	—	8.502	17.854	17.008	35.717
Braunkohle, fasr., mit 20% W.	0.45	0.01	0.49	1.200	1.650	0.835	0.080	0.090	0.112	1.280	0.896	4.255	3.369	5.535	4.265	0.49	0.610	4.926	10.345	9.191	19.301
do. erdige, dito	0.49	0.02	0.39	1.307	1.797	0.909	0.160	0.180	0.224	1.467	1.027	4.876	3.861	6.343	4.888	0.39	0.486	5.480	11.508	10.368	21.773
do. muschlige, mit 20% W.	0.56	0.03	0.36	1.493	2.053	1.039	0.240	0.270	0.336	1.733	1.213	5.761	4.561	7.494	5.774	0.36	0.448	6.384	13.406	12.158	25.532
Sandk. m. 5% W.	0.69	0.03	0.23	1.840	2.530	1.280	0.240	0.270	0.336	2.080	1.456	6.915	5.475	8.995	6.931	0.23	0.286	7.377	15.492	14.308	30.047
Sinterkohle . . .	0.75	0.04	0.16	2.000	2.750	1.392	0.320	0.360	0.448	2.320	1.624	7.712	6.106	10.032	7.730	0 16	0.199	8.145	17,105	15.875	33.338
Backkohle	0.78	0.04	0.13	2.080	2.860	1.447	0.320	0.360	0.448	2.400	1.680	7.978	6.317	10.378	7.997	0.13	0.162	8,374	17.585	16.371	34.379
Anthracit	0.90	0 03	0.05	2.400	3.300	1.670	0.240	0.270	0.336	2.640	1.848	8.775	6.948	11.415	8.796	0.05	0.062	9.016	18.934	17.812	37.405
Sandcokes	0.85	—	0.05	2.270	3.120	1.579	—	—	—	2.270	1.589	7.536	5.975	9.806	7.564	0.05	0.062	7.616	15.994	15.180	31.878
Sintercokes . . .	bis	—	bis	bis	bis	bis	—	—	—	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis
Backcokes	0.92	—	0.10	2.450	3.370	1.705	—	—	—	2.450	1.715	8.144	6.448	10.594	8.163	0.10	0.124	8.277	17.382	16.440	34.524
Stichtorf, lufttr., mit 25% W.	0.42	0.014	0.51	1.120	1.530	0.774	0.112	0.126	0.157	1.132	0.862	4.093	3.241	5.325	4.103	0.51	0.635	4.807	10.095	8.910	18.711
Maschtrf., lufttr., mit 18% W.	0.465	—	0.47	1.240	1.705	0.863	0.120	0.135	0.168	1.360	0.952	4.522	3.580	5.882	4.532	0.47	0.585	5.196	10.912	9,728	20.429
Torf, gedarrt . .	0.57	0.02	0.63	1.520	2.090	1.058	0.160	0.180	0.224	1.680	1.176	5.585	4.422	7.265	5.598	0.36	0.448	6.152	12.919	11.750	24.675
Torfkohle	0.90	0.015	0.05	2.400	2.300	1.670	—	—	—	2.400	1.680	7 978	6.317	10.378	7.997	0.05	0.062	8.049	16.901	16.046	33.697

1) 1 cbm Kohlensäure = 1.978 k. 2) 1 cbm Wasserdampf = 0.803 k. 3) 1 cbm Sauerst. = 1.427 k. 4) 1 cbm Stickst. = 1.263 k. 5) 1 cbm Luft = 1.294 k bei 760 mm Barometerstand und 0° Temperatur.

handhabt werden, welche in physikalischen Beobachtungen geübt sind. Welche Differenzen je nach der gewählten Untersuchungsmethode möglich sind, zeigen einige der S. 12 mitgetheilten Schmelzpunkte der Metalle. Nach Deville sind Temperaturen über 1550° C. hinaus unzuverlässig mit Pyrometern zu messen, weil dabei benutzte Porzellanröhren erweichen, Platin und Eisen für Gase durchlässig werden.

Die Pyrometer sind auf verschiedene Principien basirt, wie folgende Beispiele zeigen: Einrichtung der Pyrometer.

a) Pyrometer, bei denen die Ausdehnung eines Stoffes (Metall, Thon, Graphit, Luft) zum Massstab dient. Von den Metallpyrometern, welche bei Temperaturen über Rothgluth eine bleibende Ausdehnung erleiden können, finden auf Hütten für mindere Temperaturen (z. B. die des Gebläsewindes) Quecksilberpyrometer, bis 360° C. getheilt, und Zeiger-Pyrometer Anwendung.[1]) Wedgewood's Thonpyrometer ist nur als Pyroskop zu verwenden und kann zu grossen Irrthümern Veranlassung geben, weil sich Thon auf ganz gleiche Weise zusammenzieht, wenn man denselben kürzere Zeit einer intensiven und längere Zeit einer minderen Temperatur aussetzt. (0° Wedg. = 1077.5° F. = 580° C., 1° Wedg. = 132° F. = $73\frac{1}{3}$° C.) Das Luftpyrometer von Petersen und Pouillet giebt genaue Resultate, ist aber schwer auszuführen, kostspielig und erfordert einen sehr geübten Experimentator. Bei der neuerdings beobachteten Durchdringlichkeit des bei den Experimenten anzuwendenden Platingefässes von Gasen hat man die dabei gefundenen Resultate angezweifelt.[2]) Becquerell machte seine Bestimmungen mit einem Porzellanballon.[3])

b) Pyrometer, welchen bekannte Schmelzpunkte von Metallen und Legirungen zu Grunde liegen. Dieselben, auf Hüttenwerken wegen ihrer Einfachheit und Bequemlichkeit häufig angewandt, geben nicht immer in Thermometergraden zuverlässig ausdrückbare Resultate, da die Schmelzpunkte einzelner Metalle noch nicht mit Sicherheit bekannt sind und die Schmelzpunkte der Legirungen nicht den berechneten mittleren Schmelzpunkten entsprechen. Es müssen deshalb die Schmelzpunkte der einzelnen Legirungen durch praktische Versuche bestimmt werden. Man thut 0.5—1 g der verschiedenen Substanzen in zu bedeckende halbkugelförmige Löcher am Ende einer Schmiedeisenstange oder in einer Schmiedeeisen-, Cokes- oder Thonplatte und bringt diese einige Zeit an die betreffende Stelle im Ofen. Die zu messende Temperatur liegt zwischen den Schmelzpunkten der letzten geschmolzenen und der ersten ungeschmolzenen Legirung. Dieses Verfahrens[4]) bedienten sich z. B. Plattner zur Ermittlung der Temperatur von Hüttenproducten, Tunner, Fernqvist und Rinmann einer solchen im Eisenhohofen, Violette derselben in den Vercokungsöfen, zur Temperaturmessung der erhitzten Gebläseluft u. dergl.

c) Pyrometer, bei welchen die Temperatur des Wassers gemessen wird, welche dasselbe beim Eintauchen eines der betreffenden Ofenhitze ausgesetzt gewesenen Metalles (Platin, Eisen) annimmt.[5]) Bei diesem in der hüttenmännischen Praxis zuweilen mit Vortheil anzuwendenden einfachen, von Dusaussoy angegebenen Verfahren rechnet man nach folgender Formel:

$$T = \frac{P}{p \cdot c} (t' - t) + t, \text{ worin:}$$

T die zu ermittelnde Temperatur, P das Gewicht des angewandten Wassers, c die specifische Wärme des Platins oder Eisens gegen jene des Wassers als Einheit, t

1) Pyrometer von Bussius in B. u. h. Ztg. 1862, S. 88; von Oechsle ebend. 1870, S. 307; von Bock in Dingl. 195, 312; von Schäffer u. Budenberg nach Gauntelett's Construction in Percy-Wedding's Eisenh. 2, 164; Berggeist 1870, No. 88; von Lyon und Guichard Dingl. 1876, Apr.-Heft; von Maier in Thonindustr.-Ztg. 1878, S. 52 (handlich und solide); von Zabel in Dingl. 229, 320; Steinle-Hartungs Graphitpyrometer für Temperaturen bis 1200° C. in Dingl. 229, 321 und B. u. h. Ztg. 1879, S. 30 (practisch und bis 450° hinreichend genau). 2) Erdm. J. 91, 72. 3) Chem. Centralbl. 1864, No. 10. B. u. h. Ztg. 1870, S. 448. Codazza's Luftp. in Dingl. 200, 255. 4) Plattner in Merbach's erwärmter Gebläseluft 1840, S. 288. Tunner in Leobener Jahrb. 1860, Bd. 9, S. 290. B. u. h. Ztg. 1860, S. 208. Fernqvist und Rinmann in B. u. h. Ztg. 1865, S. 439. Heeren in B. u. h. Ztg. 1862, S. 118. Violette in Dingl. 123, 117. Percy-Wedding's Eisenhüttenkunde 2, 299. Schmelzpunkte von Legirungen in Kärnthn. Ztschr. 1876, S. 105, 129. 5) B. u. h. Ztg. 1877, S. 109 (Siemens); Dingl. 225, 468 (Fischer).

die Temperatur des Wassers vor und t' nach dem Eintauchen, p das Gewicht des Platin- oder Eisenbarrens. Es bietet meist grosse Schwierigkeiten und beeinträchtigt die Genauigkeit des Resultates, dass sich der Körper nicht ohne Wärmeverlust aus dem Ofen ins Wasser bringen lässt. Doch hat man das Verfahren mit einiger Sicherheit z. B. auf Eisenhütten zur Ermittlung des Schmelzpunktes oder der Giesshitze des Roheisens angewendet [1]), beim Giessen der Bronce (Spandau) u. a. Es empfehlen sich Siemens' und Fischer's Wassercalorimeter.

d) Thermoelektrische Pyrometer [2]) von Steinheil, Pouillet, Schinz [3]), Becquerell u. A. angewandt, erfordern einen geschickten Experimentator und die in ihnen erregten und messbaren elektrischen Ströme sind den Temperaturen nicht immer durchaus proportional. Siemens' neuestes Instrument [4]) basirt auf der Eigenschaft reiner Metalle, bei Zunahme der Leitungswiderstände für Wärme elektrischen Strömen mehr zu widerstreben, und giebt genaue Resultate.

e) Sonstige Pyrometer beruhen noch auf photometrischen Messungen [5]); Schinz [6]), Tremeschini und Sweeny messen die Wärmeleitungsfähigkeit der Ofenwände, sowie die Temperatur an deren Aussenfläche und berechnen daraus die im Ofen herrschende Temperatur; Lamy [7]) hat auf Dissociationserscheinungen ein Instrument basirt; Hobson [8]) auf die Mischung heisser Luft, deren Temperatur zu messen ist, mit kalter und Beobachtung mittelst des Thermometers. — In England steckt man bei Hohöfen mit Whitwellapparat ein Stück Tannenholz in das geöffnete Beobachtungsloch einer Düse und nimmt eine Temperatur von 700—800° an, wenn dasselbe sogleich zu brennen anfängt. Whitwell hält auch einen Zinkstab ein und setzt ein Pendel in Bewegung; schmilzt der Stab nach 3 Doppelschwingungen, so wird die Temperatur zu nahe 800° angenommen.

Tabelle der Schmelzpunkte, Glühgrade u. Wärmeeffecte.

In der nachstehenden **Tabelle** (S. 89) finden sich die **Wärmeeffecte von Brennmaterialien** [9]) nach **Scheerer's** Ermittlungen, die **Glühegrade**, sowie die **Schmelzpunkte von Metallen und Hüttenproducten**, meist nach **Plattner's** Versuchen zusammengestellt.

Zu dieser Tabelle ist Nachstehendes zu bemerken:

1) Die oberen Zahlen bei den angegebenen Wärmeeffecten beziehen sich auf die Rumford'schen Ermittelungen, somit auf die Annahme des Welter'schen Gesetzes; die unteren auf die neueren Bestimmungen der absoluten Wärmeeffecte von Wasserstoff und Kohlenstoff (S. 78).

2) Die Wärmeeffecte der gasförmigen Brennmaterialien entsprechen der nachfolgenden Zusammensetzung derselben:

	Gichtgase				Generatorgase				
	Holzkohlen		Cokes	Steinkohlen	Holzkohlen	Holz		Torf	Cokes
	I	II				I	II		
Stickstoff . . .	63.4	59.7	64.4	56.3	64.9	53.2	55.5	63.1	64.8
Kohlenoxydgas .	29.6	20.2	34.6	21.5	34.1	34.5	21.2	22.4	33.8
Kohlensäure . .	5.9	19.4	0.9	15.2	0.8	11.6	22.0	14.0	1.3
Grubengas . . .	1.0	0.3	—	4.2	—	—	—	—	—
Wasserstoffgas .	0.1	0.4	0.1	1.0	0.2	0.7	1.3	0.5	0.1
Elaylgas	—	—	—	1.8	—	—	—	—	—

3) Nach den Zahlen der Tabelle ist lufttrockenes Holz mit 1575° pyrometrischem Wärmeeffect nicht im Stande, Roheisen mit einem Schmelzpunkte von 1700°

1) Berggeist 1870, No. 88. Schott, die Kunstgiesserei in Eisen 1873, S. 20. B. u. h. Ztg. 1873, S. 397; 1877 S. 109. Künzel, Broncelegirungen 1875, S. 11. 2) B. u. h. Ztg. 1856, S. 165; Wagn. Jahresber. 1870, S. 123 (Becquerell). 3) Dingl. 179, 436. 4) Berggeist 1870, No. 88. Dingl. 217, 291. B. u. h. Ztg. 1871, S. 450; 1873, S. 231, 396; 1874, S. 463; 1876, S. 156; 1877, S. 109. 5) Polyt. Centr. 1863, S. 342. B. u. h. Ztg. 1877, S. 437. 6) Dingl. 163, 321 (Schinz); 225, 464 (Sweeny); 229, 319 (Tremeschini). 7) Dingl. 194, 209. 8) Dingl. 222, 46. 9) Angaben über Wärmeeffecte: Berggeist 1867, No. 42. Polyt. Centr. 1861, S. 476; 1868, S. 498. Heizkraftbestimmung durch Essengase in Dingl. 184, *240; 185, 27.* Scheurer-Kestner, Civilingenieur 1869, S. 111. v. Kerpely, Fortschr. 3, 28.

	Schmelz-temperatur nach C.	Glühegrade nach C.	Wärme-Effecte		
			Absol. C = 1.	Specifischer C = 1.	Pyrom. nach C.
Zinn	228				
Wismuth	264				
Thallium	290				
Cadmium (nach anderen Angaben 455°; Siedepunkt nach Becq. 891°)	320				
Blei	335				
Zink (Siedepunkt nach Becq. 891°, nach Deville 1040°)	412				
Antimon	432				
Anfangendes Glühen	. . . .	525			
Dunkelrothgluth	. . . .	700			
Aluminium	700				
Anfangende Kirschrothgluth	. . . .	800			
Starke Kirschrothgluth	. . . .	900			
Glätte	954				
Kirschrothgluth	. . . .	1000			
ach Becq. 916°)	1000				
ein	1002				
	1027				
ıpfer	1027				
	1047				
	1062				
ronce 900°, Messing 1015°)	1090				
ı Becq. 1037°)	1200				
hen	. . . .	1200			
ıen	. . . .	1300			
Bleisteinschlacke	1315—1330				
acke	1330—1360				
zkupferschlacke	1345				
ohofenschlacke	1390—1430				
lt (1400°)					
ke Weissglühhitze	. . . .	1400			
endende Weissglühhitze	. . . .	1500—1600			
Gasförmige Brennmaterialien und zwar:					
Gichtgase. Holzkohlengas I	. . . .	. . . .	{0.081 {0.108	0.000105 0.000140	1250 1675

	Schmelz-temperatur nach C.	Glühegrade nach C.	Wärme-Effecte Absol. C = 1.	Wärme-Effecte Specifischer C = 1.	Wärme-Effecte Pyrom. nach C.
Gichtgase. Holzkohlengas II			0.060 0.080	0.000078 0.000104	1075 1450
„ Cokesgas			0.077 0.107	0.000100 0.000139	1275 1750
„ Steinkohlengas			0.162 0.205	0.000211 0.000267	1475 1850
Generatorgase. Holzkohlengas			0.079 0.115	0.000103 0.000150	1250 1775
„ Holzgas I			0.095 0.136	0.000124 0.000177	1325 1850
„ Holzgas II			0.084 0.124	0.000109 0.000161	1150 1575
„ Torfgas			0.063 0.092	0.000082 0.000120	1075 1525
„ Cokesgas			0.075 0.110	0.000098 0.000143	1250 1775
Roheisen (nach Becq. 1050—1200°)	1500—1700				
„ weissstrahliges nach Tunner	1600				
„ graues Holzkohlenroheisen nach Tunner	1700				
Palladium (nach Becq. 1360—1380°)	1600				
Nickel (1600°)					
Wolfram (1700°)					
Mangan (nach John 1500, nach Becq 1600°)					
Uran und Molybdän (1600°)					
Chrom (1700°)					
Holz, lufttr., mit 20 Proc. hygrosk. Feuchtigkeit			0.36		1575
„ halbgedarrt mit 10 Proc. hygrosk. Feuchtigkeit			0.41		1675
„ gedarrtes, ohne hygrosk. Feuchtigkeit			0.47		1750
„ Schwarzpappel, Italienische Pappel				0.14	
„ Linde, Zitterpappel				0.16	
„ Edeltanne, Fichte, Lärche				0.17	
„ Baumweide				0.18	
„ Saalweide				0.19	
„ Kiefer, Erle				0.20	
„ Rothbuche, Rosskastanie, Ulme				0.21	

	temperatur nach C.	Glühegrade nach C.	Absol. C = 1.	Specifischer C = 1.	Pyrom. nach C.
Holz, Ahorn, Birke, Vogelbeere	. . . .	. . . . .	. .	0.23	
„ Esche	. . . .	. . . . .	. .	0.24	
„ Stieleiche	. . . .	. . . . .	. .	0.25	
„ Steineiche	. . . .	. . . . .	. .	0.26	
„ Weissbuche	. . . .	. . . . .	. .	0.28	
Torf, nicht völlig lufttrocken, 30 Proc. hygrosk. Feuchtigkeit, 10 Proc. Asche	. . . .	. . . . .	0.35 0.37	. . .	1500 1575
„ bester lufttrockener 25 „ „ „ ohne „	. . . .	. . . . .	0.45 0.47	. . .	1675 1750
„ gedarrter ohne „ „ 15 Proc. „	. . . .	. . . . .	0.53 0.55	. . .	1875 1975
„ bester gedarrter „ „ „ ohne „	. . . .	. . . . .	0.62 0.65	. . .	1950 2000
Stahl (nach Becq. 1300—1400°, nach Tunner 1850°)	1700—1900				
Braunkohle, lufttrockene, fasrige 20 Proc. hygrosk. Feuchtigkeit ohne Asche	. . . .	. . . . .	0.47 0.48	0.54 0.55	1750 1800
„ „ „ 20 „ „ „ u. 10 Proc. „	. . . .	. . . . .	0.42 0.43		
„ „ erdige 20 „ „ „ ohne „	. . . .	. . . . .	0.58 0.61	0.75 0.79	1875 1975
„ „ „ 20 „ „ „ u. 10 Proc. „	. . . .	. . . . .	0.52 0.55		
„ „ muschl. 20 „ „ „ ohne „	. . . .	. . . . .	0.65 0.69	0.78 0.83	1925 2050
„ „ „ 20 „ „ „ u. 10 Proc. „	. . . .	. . . . .	0.58 0.62		
„ gedarrte fasrige 20 „ „ „ ohne „	. . . .	. . . . .	0.60 0.61	. . .	1975 2050
„ „ „ 20 „ „ „ u. 10 Proc. „	. . . .	. . . . .	0.54 0.55		
„ „ erdige 20 „ „ „ ohne „	. . . .	. . . . .	0.73 0.76	. . .	2025 2125
„ „ „ 20 „ „ „ u. 10 Proc. „	. . . .	. . . . .	0.66 0.69		

	Schmelz-temperatur nach C.	Glühegrad nach C.
schl. 20 Proc. hygrosk. Feuchtigkeit ohne Asche	. . . .	. . . .
„ 20 „ „		
0°) . . . . „ „ u. 10 Proc. „	. . . .	. . . .
. . . .	1900—2100	
. . . .	. . . .	. . . .
. . . .	. . . .	. . . .
. . . .	. . . .	. . . .
roc. hygrosk. Feuchtigkeit, 56 Proc. Asche .	. . . .	. . . .
„ „ 4 „ .	. . . .	. . . .
warzkohle, 12 Proc. hygrosk. Feuchtigk. 3 Proc. Asche	. . . .	. . . .
„ 0 „ „ „ „		
ohle 10 „ „ „ 3 „ „	. . . .	. . . .
ohne „ „ 1½ „ „	. . . .	. . . .
völlig trocken [illegible]		

flüssig zu machen. Wenn dieses in der Praxis dennoch geschieht, so liegt der Grund darin, dass in den verschiedenen Stadien des Verkohlungsprocesses aus dem Holze Producte (gedarrtes Holz, Rothkohle, Schwarzkohle) entstehen, deren pyrometrischer Wärmeeffect den Schmelzpunkt des Roheisens übersteigt.

4) In den verticalen Columnen der Tabelle sind die noch immer am häufigsten bei Rechnungen u. s. w. benutzten älteren Schmelzpunktbestimmungen der Metalle und Hüttenproducte nach Plattner, Daniel u. A. aufgeführt, während in den horizontalen Columnen sich in Klammern die neueren Angaben von Becquerell, Pouillet u. A. befinden (s. S. 87). Verbrennendes Silicium liefert nach Jordan [1]) 6382.4, Eisen und Mangan 1268 W.-E. (Bessemerprocess).

A. Rohe Brennmaterialien.

36. Holz. Dasselbe [2]) besteht

a) aus Holzfaser (Cellulose) = $C_6 H_{10} O_5$, bei trockenem Holze 96 Proc., welche bei allen Hölzern nahezu dieselbe Zusammensetzung hat, nämlich 44.44 C, 6.17 H und 49.39 Sauerstoff nebst geringen Mengen Stickstoff, dagegen ein etwas abweichendes specifisches Gewicht, je nach der verschiedenen Dichtigkeit des Gewebes, wonach man die lufttrockenen, 20—21 % Wasser enthaltenden Hölzer in harte von über 0.55 und in weiche von unter 0.55 oder specieller in harte (Eiche 0.78, Buche 0.72, Birke 0.64, Ulme 0.69), in weiche (Fichte 0.475, Tanne 0.558, Linde 0.462, Weide 0.511, Pappel 0.442) und halbweiche (Esche 0.74, Ahorn 0.67, Birke 0.64, Lärche 0.4735, Kiefer 0.536, Erle 0.55) eintheilt. Zu den schwersten Hölzern gehören: Grenadillholz von 1.283, Ebenholz von 1.259, Buchsbaum von 0.971, Teckholz von 0.802 spec. Gew. Die massive Holzfaser ohne Poren hat nahe 1.5 spec. Gew. Einfluss auf die Dichtigkeit des Holzes und seinen calorischen Werth haben: Bodenfeuchtigkeit, Klima, mehr oder weniger geschützter Standort, rasches oder langsames Wachsen u. A. Nähere Bestandtheile.

b) Saft (incrustirende Substanz), etwa 4 Proc. in völlig trockenem Holze, bei Nadelhölzern (Tanne, Lärche, Kiefer u. s. w.) harzig, bei Laubhölzern gerbsäurehaltig und bei Birken zuckerhaltig.

Man nimmt gewöhnlich an, dass das Holz durch Flössen (Trifften) an Aschengehalt zu-, an brennbaren Bestandtheilen abnehme. Nach Wunder's Untersuchungen [3]) ist Letzteres nicht der Fall, sondern der verringerte Wärmeeffect des geflössten Holzes (100 Vol. ungeflösstes = 112.3 Vol. geflösstem Holz) kommt auf Rechnung des verringerten specifischen Gewichtes und der verminderten Flammbarkeit durch Einschluss von mehr Luft. Das ausser der Saftzeit im December und Januar geschlagene Holz zeichnet sich von dem im Februar geschlagenen aus durch Festigkeit, Dauerhaftigkeit, Tragfähigkeit und Dichtigkeit. Mit Jodlösung betupft, sollen sich im Winterholz die Markstrahlen schwarzblau auf gelbem Grunde, im Frühjahrsholz gelb färben.

Der Aschengehalt hat seinen Sitz in den Saftbestandtheilen und beträgt in den gewöhnlichen Hölzern durchschnittlich 1 Proc., ist aber in den verschiedenen Theilen des Baumes ungleich, im Stamm am kleinsten, in den Zweigen am grössten (0.15—2 Proc. und mehr). Die Asche enthält vorwaltend kohlensauren Kalk (bis 70 Proc.) und kohlensaure Alkalien (bis 20 Proc.), ausserdem schwefelsaure und Chloralkalien, ferner Kieselsäure und Phosphorsäure, Magnesia, Eisenoxyd,

1) Oesterr. Ztschr. 1870, No. 17. 2) Chevandier, Wertheim u. Exner, mechan. Eigenschaften des Holzes. Wien 1871. Hoh, in Dingl. 227, 416. Karmarsch's mechan. Technologie 1, 607. Hoyer's mechan. Technologie S. 32 u. 464. 3) Wagner's Jahresber. 10, 718.

Thonerde und Manganoxydul. Der Phosphorsäuregehalt [1]) kann 1.46 bis 7.17 Proc. betragen, nach Caron gewöhnlich 0.08—0.10 %.

c) Wasser, in der Zeit des Safttriebes am meisten, in der Stillstandsperiode der Vegetation am geringsten und in dieser deshalb vortheilhaft zu schlagen. Frisch gefälltes Holz enthält $^1/_3$—$^2/_5$ des Gewichts Wasser, im lufttrocknen Zustande 15—20 Proc. Beim Trocknen tritt eine Längsschwindung von etwa $^1/_2$ und eine Querschwindung von $1^1/_2$—6 Proc. ein. Durch Trocknen bei 120—135° und Darren bei 140—250° wird der Wärmeeffect in verschiedenem Masse gesteigert. Trockenes Holz ist sehr hygroskopisch und entzündet sich bei etwa 300°.

Zusammensetzung. Die durchschnittliche Zusammensetzung des völlig trocknen Holzes beträgt aschenfrei 50 C, 6 H und 44 O, oder 50 C und 50 chemisch gebundenes Wasser, aschenhaltig 49.5 C, 6 H, 43.5 O und 1 Asche, lufttrocken 40 C incl. Asche, 40 chemisch gebundenes Wasser und 20 hygroskopisches Wasser. Nach anderen Angaben enthalten aschenfreie Hölzer:

Nadelhölzer	50.49 C,	6,25 H,	43.25 O
Laubhölzer	46.59 „	6.22 „	44.18 „
Durchschnitt	49.87 „	6.21 „	43.89 „

Unter fortwährendem Einflusse von Luft und Feuchtigkeit ändern sich Zusammensetzung (unter Abnahme von Sauer- und Wasserstoff reichert sich der Kohlenstoffgehalt an), Farbe und Flammbarkeit [2]), welche letztere immer mehr abnimmt. Man bezeichnet diese Veränderung mit Stocken, Modern, Verwesen, Schwammbildung.

Ankauf. Der Ankauf des Holzes ist sowohl nach dem Gewichte (1 cbm weiches Holz = 250—300 kg, hartes 350—400 kg) wegen des variirenden Feuchtigkeitsgehaltes, als auch nach dem Volum misslich, weil das Verhältniss zwischen Derbgehalt und Zwischenräumen der einzelnen Stücke (Kloben, Ast-, Knüppel-, Stock- oder Wurzel-, Stangenholz) sehr abweicht. Verhältniss des Holzes in Kloben zu geschnittenem dem Volum nach wie 11 : 12. Man sucht letzteres erfahrungsmässig so genau als möglich festzusetzen und kauft das Holz dann gewöhnlich dem Volumen nach an, und zwar hartes Holz, wenn es sich weniger um eine lange Flamme, als um Glühefeuer handelt, weiches, wenn eine andauernd lange Flamme erforderlich ist. Dasselbe empfiehlt sich als Brennmaterial wegen seines geringen und gutartigen Aschengehaltes und der gleichbleibenden Beschaffenheit, giebt aber bei seinem Wasser- und hohen Sauerstoffgehalt die geringsten Wärmeeffecte. Lufttrocknes Holz reducirt 12—15, durchschnittlich 13.95 Thle. Blei, entspr. 3200 Wärmeeinheiten oder 0.41 Proc. Kohlenstoff. Bei durchschnittlich nur auf 80% zu veranschlagender Leistung geht der Wärmeeffect auf 2500—2400° bei lufttrocknem Holze herab, steigt aber bei getrocknetem und gedarrtem Holz auf 5000—7000 Wärmeeinheiten, bei der Cellulose auf 3622 und bei absolut trockenen Hölzern wegen Wasserstoffüberschusses auf 4000 Wärmeeinheiten. Nach Brix gab 1 Gwthl. Holz getrocknet 3.85—5.20 Thle. Dampf von 110—115° aus Wasser von 0°, durchschnittlich 3.68 und

Anwendbarkeit.

Wärmeeffecte.

1) Oest. Ztschr. 1868, No. 31 1877, No. 18. Dingl. 169, 349. 2) Dingl. 169, 118.

4.44 Thle. bei ungetrocknetem und getrocknetem Holz. Dasselbe kann in Eisenhohöfen verkohltes Brennmaterial theilweise ersetzen.

Phys. Eigensch.

Die Widerstände, welche die Holzsorten trocken dem Zersägen entgegensetzen, wachsen (bei den beigefügten spec. Gew.) nach Hoh in nachstehender Reihenfolge: Fichte (0.704), Erle (0.553), Kirsche (0.709), Birke (0.753), Eiche (0.660), Weissbuche (0.739), Rothbuche (0.770), Ahorn (0.674), Zwetsche (0.829), Ebenholz (1.115), feucht dagegen: Fichte, Eiche, Erle, Birke, Weissbuche, Kirsche, Rothbuche, Zwetsche, Ahorn, Ebenholz; die Biegungselasticität ergiebt folgende aufsteigende Reihe: Ebenholz, Eiche, Ahorn, Zwetsche, Kirsche, Weissbuche, Birke, Fichte, Erle, Rothbuche; die Wasseraufnahmefähigkeit: Ebenholz, Weissbuche, Zwetsche, Ahorn, Fichte, Eiche, Rothbuche, Kirsche, Birke, Erle.

Classification.

37. Torf.[1]) Dieses jüngste fossile Brennmaterial, ein Product der Verwesung von Pflanzen unter dem Einfluss von Luft und Feuchtigkeit, lässt sich classificiren:

Vorkommen.

1) Nach seinem Vorkommen in Wald-, Wiesen- und Hochmooren, welch erstere im Wesentlichen aus vermoderten Bäumen und Gewächsen des Waldes bestehen, während letztere je nach den zur Torfbildung dienenden Pflanzenarten Moor-, Haide- oder Eriken- und Wiesentorf liefern.

Alter.

2) Nach dem Alter in jungen Torf mit noch entschieden hervortretender organischer Structur bei weisser, gelber, brauner oder schwarzer Farbe (Faser-, Wurzel-, Blätter-, Papier-, Rasentorf) und alten Torf mit dunkelbrauner bis pechschwarzer Farbe, fast ohne Spuren von organischer Textur, selten mit Einschlüssen von schwer zerstörbaren holzigen Theilen, bald erdig (Erd-, Moor-, Speck-, Baggertorf), bald dicht, politurfähig und von tiefschwarzer Farbe (Pechtorf).

Gewinnungsart.

3) Nach der Gewinnungsart und der Zubereitung.[2]) Die Torfarten besitzen nicht immer die für Hüttenzwecke erforderlichen Eigenschaften (gewisse Festigkeit und wenigen Wassergehalt) und es müssen dieselben deshalb häufig in einen dichteren Zustand versetzt werden, welchen das blosse Stechen nicht liefert. Man kann unterscheiden:

a) Stechtorf[3]), jüngere Sorten, welche sich bei hinreichendem Zusammenhange in prismatischen Stücken (Torfziegeln, Soden) durch horizontalen oder verticalen Stich mittelst Stechschaufeln oder durch Stechmaschinen[4]) gewinnen lassen und in Haufen und Stellagen oder auf Hiefeln getrocknet werden (S. 72).

---

1) Kerl, Met. 1, 258. Knapp, chem. Techn. 1, 153. Percy-Knapp, Met. 1, 76. Muspratt-Kerl, techn. Chem. 3, 951. Vogel, der Torf, seine Natur und seine Bedeutung, München 1859. Walland, über Torf, dessen Gewinnung, Trocknung und Verkohlung. E. Schenk zu Schweinsberg, rationelle Torfverwerthung, 1862. Petzolt, zur Naturgeschichte der Torfmoore in Erdm. J. 83, 1; 86, 471. Senft, die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildung, Leipzig 1862. Werthbestimmung von Torfgründen im Bayr. Kunst- u. Gewbl. 1868, S. 351. Websky in Erdm. J. 92, 65. Dullo, Torfverwerthungen in Europa. Berlin 1861. Torfbenutzung in Baiern in Dingl. 190, 71. Seydel, der Torf und seine rationelle Verarbeitung. Berlin 1873. Lencauchez, traité sommaire concernant la tourbe, son extraction etc. Paris 1876. Woeniger, über Brennmaterial und Ausnutzung der Torfmoore durch Pressen. Schwerin 1876. Hausding, industr. Torfgewinnung und Torfverwerthung. Berlin 1876. Ders., Torfwirthschaft in Süddeutschland und Oesterreich 1875. Torfmoore Kärnthens in Wien. Ausstellungs-Catalog der Kärnthn. Montanindustriellen. Klagenfurt 1873, S. 112. Breitenlohner, Torfwesen auf der Wiener Ausstellung 1873. Thenius, die Torfmoore Oesterreichs. Wien 1874. Nöggerath, der Torf. Berlin 1875. Stegmann, Gasfeuerung, S. 44. Torfbearbeitung in England in B. u. h. Ztg. 1878, No. 52. 2) Faller's Berg- u. hüttenm. Jahrb. 1861, Bd. 11. B. u. h. Ztg. 1862, S. 279; 1868, S 398. Dingl. 168, 295. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 9, 162. v. Kerpely's Ber. 2, 70; 3, 41. Wagn. Jahresber. 12, 713. Kick, techn. Bl. 1872, S. 59. Hausding, c. l. S. 34, 102. 3) Dingl. 156, 128. 303; 157, 39. 312. 5) Dingl. 176, 366. Torfschiff B. u. h. Ztg. 1872, S. 167; 1873, S. 152; 1874, S. 131. Dingl. 202, 403.

b) Baggertorf. Erdiger, schlammiger durch Baggern gewonnener Torf, welcher nach einigem Abtrocknen am Ufer des Moores auf einem geebneten Platze etwa 20 cm dick zum Austrocknen ausgebreitet, durch Schlagen und Treten gedichtet und in Soden zerschnitten wird, welche man in Haufen trocknet (Holland).

c) Schlag- und Modeltorf. Von Wurzeln, Fasern u. s. w. zusammengehaltener Erdtorf (Specktorf) wird zur Entfernung derselben und zur Dichtung durch Treten vorbereitet und die Masse in Formen geschlagen (Schlagtorf) oder in gitterartig abgetheilten Holzrahmen geformt (Modeltorf), zuweilen auch in Soden geschnitten (Baiern, Salzburg, Bremen).

d) Maschinentorf.[1] Zur Umwandlung wasserreicher lockerer Torfsorten in eine dichte, weniger feuchte Masse werden die Fasern mittelst maschineller Vorrichtung durch Messer (Torfmühlen) unter Zusatz von wenig Wasser zerschnitten, worauf man die steife Masse gut durcharbeitet, in Formen streicht und die Ziegel erst einer Lufttrocknung, dann einer künstlichen Trocknung unterwirft (Staltach) oder den dicken Torfbrei in Maschinen zu Kugeln formt und diese in Schachtöfen trocknet (Kugeltorf), oder den Brei ausbreitet und nach Art des Baggertorfs zerschneidet (Maschinenbrei- oder Backtorf, Hannover-Oldenburger System) oder die Masse in einem Strang oder einer Röhre auspresst und diese zerschneidet (Maschinenformtorf oder System Weber). Von allen Methoden der Torfpräparation hat die Erzeugung des Maschinentorfes aus Dickbrei in der angeführten Weise mehr oder weniger wirthschaftliche Erfolge.

Weniger vortheilhaft ist es, beim Zerkleinern des Torfes viel Wasser zuzusetzen, den dünnen Brei einem Schlämmprocess zu unterwerfen, den Schlamm in Bassins etwas austrocknen zu lassen und denselben in Formen zu Ziegeln (Schlämmtorf) zu streichen, welche dann weiter getrocknet werden (Früheres Verfahren im Haspelmoor in Baiern, zu Montauger nach Challeton, zu Rheims u. s. w.). Man erhält zwar ein dichtes Product, hat aber Verlust an Brennstoff und mehr Arbeit.

e) Presstorf. Den frischen oder auf nassem Wege durch maschinelle Vorrichtungen in Torfbrei verwandelten oder in trockenes Pulver übergeführten Torf unterwirft man einer Pressung in Formen zur Verminderung des Volums und zur Erhöhung des Brennwerthes. Guter Bagger-, Model- oder Schlagtorf kann bei grösserer Wohlfeilheit eben so gut als Presstorf sein.

α) Das Nasspressen[2]) sowohl von frischem als durch Zerreissen der Fasern unter Wasserzusatz präparirtem Torf (System Koch und Mannhart) ist meist wieder verlassen, weil in ersterem Falle sich das Wasser aus den elastischen Faserröhren selbst mit grossem Kraftaufwand nicht entfernen lässt und in letzterem Ziegel mit so dichter Oberfläche erhalten werden, dass beim Trocknen die Feuchtigkeit nur schwierig aus dem Innern entweichen kann. Das Modeln giebt gewöhnlich bei grösserer Billigkeit bessere Resultate.

---

1) Bergwerksfreund Bd. 22, No. 20. B. u. h. Ztg. 1860, S. 200, 320; 1864, S. 75; 1873, S. 231; 1874, S. 412 (Röhrentorfmaschine). Polyt. Centr. 1865, S. 977; 1866, S. 99. Notizbl. d. deutsch. Ziegler-Ver. 1875, S. 101 (Wien. Ausst.). Preuss. Torfpressmaschine in Thonwaaren-Industr.-Ztg. 1878, No. 20. 2) B. u. h. Ztg. 1860, S. 396; 1862, S. 148; 1866, S. 163. Dingl. 158, 436.

β) Das Trockenpressen[1]) ist mehrfach bewährt gefunden, aber wegen seiner Kosten nicht überall mit ökonomischem Vortheil auszuführen.

Seltener findet das Pressen des getrockneten Torfstaubes bei höherer Temperatur statt, wobei die entwickelten theerartigen Destillationsproducte ein Bindemittel abgeben (Methode von Gwynne), als bei gewöhnlicher Temperatur, indem man den beim Trocknen an der Luft möglichst zerkleinerten Torf in Cylindersiebe bringt, das Siebfeine künstlich trocknet und mittelst einer Kniehebelpresse in Ziegelform presst (Haspel- und Kolbermoor in Baiern, Exter's Verfahren). Versmann[2]) zerreibt den natürlich und künstlich getrockneten Torf in einer trichterförmigen Mühle, durch deren durchlöcherte Seitenwände das Torfpulver zur Pressmaschine gelangt (Siebtorf). Schlickeyssen's Ziegelpresse[3]) hat sich auch für Torf wohl bewährt.

Kugelform[4]) des Torfes erhöht nach Eichhorn und Lintner den Wärmeeffect. Die Kugeltorffabrik zu Feilenbach in Baiern soll jedoch wegen finanzieller Schwierigkeiten nahezu eingegangen sein.[5]) In Steiermark wird neuerdings dem Kugeltorf vor dem Ziegeltorf der Vorzug gegeben. Letzteren zieht man in Schweden dem Rohrtorf vor, welcher nicht leichter trocknet, schwieriger herzustellen ist und leichter zerbröckelt.

Behuf Vergleichung verschiedener Torfsorten ist, namentlich bei Maschinen- und Presstorf, das Zählen der Stücke einem Messen vorzuziehen[6]); am besten ist ein Wägen.

Der Torf besteht aus: Nähere Bestandtheile.

a) eigentlicher Torfsubstanz, welche nach Scheerer 60.63 C, 6.04 H und 33.32 O oder rund 60 C, 2 freien Wasserstoff und 38 chemisch gebundenes Wasser enthält. Nach zahlreichen Untersuchungen von Websky enthält die Torfsubstanz 49.6—63.9 C, 4.7—6.8 H, 28.6—44.1 O und 0—2.6 N. Knapp nimmt die Zusammensetzung der Torfsubstanz zu 59.00 C, 5.83 H und 35.16 O und N an, wonach dieselbe kohlenstoffreicher, als Holz ist, dagegen ärmer an Sauerstoff und Wasserstoff, welche nicht mehr in dem Verhältniss der Wasserbildung von 1 : 8, sondern wie 1 : 5 stehen. Der Stickstoffgehalt beträgt durchschnittlich 1.5 Proc., mehr als in Holz und auch wohl in der Steinkohle.

b) Aschengebenden Bestandtheilen, deren Menge zwischen 0.5—20, selbst bis 50 Proc. schwanken kann, je nach dem Vorkommen in höheren oder tieferen Niveaus, durchschnittlich 6—12 Proc. Die Asche ist, im Gegensatz zu Holz, arm an Alkalien und besteht im Wesentlichen aus einem Gemenge von thonigem Sand (bis 35 Proc.) und magnesiahaltigem Gyps (bis 40 Proc. und mehr), mit Eisenoxyd

1) B. u. h. Ztg. 1860, S. 244; 1862, S. 28; 1868, S. 367, 380, 398. Polyt. Centr. 1861, S. 476; 1868, S. 1077. Dingl. 167, 468. Erdm. J. 105, 120. Stummer's Ingenieur 1876, No. 110.
2) B. u. h. Ztg. 1863, S. 139, 148; 1864, S. 300.
3) B. u. h. Ztg. 1862, S. 304; 1863, S. 304; 1864, S. 300; 1870, S. 328. Dingl. 183, 174; 195, 371.
4) Wentz, Lindner u. Eichhorn, der Kugeltorf, Freising, 1867. Polyt. Centr. 1866, S. 618; 1875, S. 1259. Dingl. 184, 59. B. u. h. Ztg. 1866, S. 364; 1870, S. 336; 1871. S. 248; 1875, S. 427. Hausding's Torfwirthschaft 1878, S. 30.
5) Dingl. 190, 71.
6) B. u. h. Ztg. 1860, S. 206.

(bis 30 Proc.) und geringen Mengen Alkalien (bis 3 Proc.), Phosphorsäure und Chlor. [1])

Manche Torfe enthalten so viel Schwefelkies, dass sie als Vitriolerze [2]) zu verwerthen sind und in Nordwales kommt ein kupferhaltiger Torf vor, dessen Asche auf Kupfer verhüttet wird. Auch hat man ein Ausblühen von Alaun [3]) aus Torf beobachtet. Wegen des Gehaltes an phosphorsaurem Kalk (bis 15 Proc.) ist Torfasche ein gutes Düngmittel, dagegen wegen Schwefel- und Phosphorgehaltes im Eisenhohofen Torf meist nicht zu verwenden, wohl aber, und dann gewöhnlich gedarrt oder comprimirt im Gemenge mit Holzkohlen, bei Vorhandensein nur geringer Menge von Schwefel- und Phosphorverbindungen (Ranskö, Pillersee, Tangerhütte, Irland, Vordernberg u. s. w.). [4]) Durch Auswaschen desselben hat man den Aschengehalt zu verringern gesucht. [5])

c) Wasser, im frischen Zustande bis 80 Proc. und mehr, im lufttrocknen 15—20 Proc. Das Trocknen und Darren des Torfes spielt eine Hauptrolle (S. 72).

Zusammensetzung. Die durchschnittliche Zusammensetzung eines völlig trocknen aschenhaltigen Torfes ist nach Knapp 52.94 C, 5.24 H, 31.55 O und N und 10.27 Asche, eines lufttrocknen aschenhaltigen 44.5 C, 4.5 H, 26.5 O und N, 8.5 Asche und 16.0 Wasser; nach Scheerer lufttrockner aschenfreier Torf 45 C, 1.5 H, 28.5 chemisch gebundenes Wasser, 25 hygroskopisches Wasser.

Spec. Gew. Das specifische Gewicht und damit die Festigkeit und Transportfähigkeit [6]) variirt sehr nach dem Aschengehalt und der Zubereitungsweise, z. B. bei Rasentorf 0.113—0.263, Erdtorf 0.410 bis 0.902 und Pechtorf 0.639—1.039; Presstorf 0.9—1.8. Selbst bis zum specifischen Gewicht der Steinkohle zusammengepresster Torf besitzt wegen geringeren Kohlenstoffgehaltes nicht deren Wärmeeffect. [7])

Wärmeeffect. Nach Brix erzeugt 1 Gewichtstheil Torf getrocknet 4.62—6.49, ungetrocknet durchschnittlich 5.04 Thle. Dampf von 100° aus Wasser von 0°. Von Linumer Torf mit 29 Proc. Wasser und 7.62 Proc. Asche bildet 1 Thl. 3.02 Thle., mit 38.3 Proc. Wasser und 6.87 Proc. Asche 2.81 Thle., mit 27.2 Proc. Wasser und 6.07 Proc. Asche 3.43 Thle. Wasserdampf. Reducirte Bleimenge 8—18, bei irländischen Sorten bis 27 Thle. Blei. Nach anderen Angaben giebt gewöhnlicher lufttrockner Torf 3000—3500, trockner 3000—4000, wasser- und aschenfreier bis 5230 Wärmeeinheiten. [8]) Gewöhnlicher Torf entwickelt weniger Hitze als Holz, im reinen und trocknen Zustande aber mehr.

Der gewöhnliche lufttrockene Torf wird u. A. zur Heizung von Dampfkesseln, Siedepfannen, Thonwaarenbrennöfen, für häusliche Feuerungen angewendet. [9])

Verwendung. Während er getrocknet in den verhältnissmässig kleinen Puddel- und Schweissöfen noch Verwendung finden kann, lässt er sich bei directer Feuerung in den gewöhnlichen Flammöfen zum Umschmelzen des Roheisens nicht wohl benutzen, welche zur Aufnahme der Eisencharge eines grossen Arbeits- und Schmelzraumes bedürfen.

1) Analysen von Torfaschen: B. u. h. Ztg. 1861, S. 347; 1862, S. 28. Erdm. J. 86, 471. Percy-Knapp, Met. 1, 80. Muspratt-Kerl, techn. Chem. 3, 879. Wagn. Jahresber. 3, 506; 6, 623. 2) Berggeist 1859, No. 94. 3) B. u. h. Ztg. 1864, S. 265. 4) Kerl, Grundr. d. Eisenhüttenkunde, S. 90. Oest. Ztschr. 1878, S. 188. 5) Dingl. 158, 438. 6) B. u. h. Ztg. 1862, S. 328. Dingl. 162, 151. 7) B. u. h. Ztg. 1870, S. 356. 8) Hausding, Torfgewinnung, S. 202. 9) Einrichtung der Heizanlagen in Hausding's Torffeuerung 1876, S. 213.

Dagegen giebt der Torf in Gasfeuerungen [1]) continuirliche und intensive Flammen und wird in dieser Weise häufig für Dampfkesselheizung in Sodafabriken, Kalkbrennereien, Thonwaarenfabriken, Glashütten, Eisen- und Stahlhütten (Eisenwerk Augustfehn in Oldenburg, Neustädter Hütte in Hannover, Marienhütte in Danzig, Ziegeleien Pommerns und Mecklenburgs u. s. w.) mit Vortheil angewendet.

Nach Hausding kann man mit 1 kg Torf 4.5—6.0 kg Wasser verdampfen; bei der Glasfabrikation gehen auf 100 kg Rheinweinflaschen 250 kg Torf, bei der Ziegelfabrikation auf je 1000 Steine im Ringofen 300—350 kg Torf und beim Kalkbrennen auf 100 kg gebrannten Kalk 80—100 kg Torf. Im Gemenge mit Steinkohlen bei Kesselfeuerungen verstopft sich der Rost weniger leicht und die Kessel werden weniger angegriffen. [2]) Für den Gebrauch im Hause und im Kleinbetriebe eignet sich wegen Transportfähigkeit und Reinlichkeit besonders Maschinentorf.

Sonstige Verwendungen des Torfes sind noch: die Gewinnung von Leuchtgas, Torföl, Paraffin u. s. w. daraus, wobei aber die im Grossen erzielten Resultate hinter der aus den Versuchen im Kleinen erhofften Rentabilität meist zurückgeblieben sind; als Streu- und Düngmaterial für Sandboden (Nutzen des Moorbrennens), zur Rimpauschen Dammcultur (Ausbreiten von aus dem Untergrund des Moores genommenem Sand über das Moor).

Vorkommen.

38. Braunkohlen. [3]) Dieselben, zwischen den jüngsten und älteren Tertiärbildungen vorkommend, also jünger als die Kreide, besitzen je nach ihrem Alter entweder noch ausgeprägte Holzstructur (Lignit, fossiles Holz, fasrige Braunkohle, in ihren Uebergängen zur muschligen Braunkohle bituminöses Holz, und zu den Asphaltarten bituminöse Braunkohle genannt) oder sind structurlos von erdigem Bruche (erdige Braunkohlen, Moorkohlen), oder schwarz und glänzend mit muschligem Bruche wie Steinkohlen (Glanzkohlen, Pechkohlen, Gagate) und damit zu verwechseln, meist in Folge der Einwirkung von Hitze entstanden.

Zusammensetzung.

a) Nach Scheerer enthält die feste organische Masse von:

Fasriger Braunkohle	60 C,	5 H	und	35 O
Erdiger „	70 „	5 „	„	25 „
Muschliger „	75 „	5 „	„	20 „

oder allen Sauerstoff mit Wasserstoff verbunden gedacht,

Fasrige Braunkohle	60 C,	1 H	und	39 HO
Erdige „	70 „	2 „	„	28 „
Muschlige „	75 „	3 „	„	22 „

und lufttrocken

Fasrige Braunkohle	48 C,	1 H,	31 chem. H_2O,	20 hygr. H_2O
Erdige „	56 „	2 „	22 „	20 „
Muschlige „	60 „	3 „	17 „	20 „

1) Thonindustr.-Ztg. 1877, No. 1. Hausding, Torfgewinnung 1876, S. 269. 2) Polyt. Centr. 1870, S. 1332. 3) Citate in Kerl's Met. 1, 276. Zinken, die Braunkohle und ihre Verwendung 1867. Ders., Ergänzungen zur Physiologie der Braunkohle 1878. Die Mineralkohlen Oesterreichs. Wien 1878. Steyermark in B. u. h. Ztg. 1863, S. 27. Westerwald in B. u. h. Ztg. 1866, S. 401. Lager von Salzhausen in Jahrb. d. geolog. Reichsanst. 10, 521. B. u. h Ztg. 1861, S. 181. Artern in B. u. h. Ztg. 1860, S. 380. Baiern ebend. 1860, S. 157. Ungarn ebend. 1860, S. 291. Sachsen in Preuss. Ztschr. Bd. 8, Lief. 1. Häring in Tyrol in B. u. h. Ztg. 1871, S. 5. Merseburger Bezirk in B. u. h. Ztg. 1877, S. 19. Schöninger Braunkohlen in Berggeist 1877, No. 75. Classification d. böhm. Kohlen in B. u h. Ztg. 1875, S. 243.

Nach Knapp enthält:

Aschenfreie Braunkohle	66.53 C,	5.58 H,	27.89 O	
Aschenhaltige „	60 „	5 „	26 „	9 Asche.

Die fasrige Braunkohle enthält nach einer grösseren Anzahl Analysen 57—67 C, 6—5 H und 37—28 O und N bei 0.5—1.3 spec. Gew. (1 cbm = 550—700 kg), je nach dem Aschengehalt; erdige Braunkohle 45—70 C, 6—5 H und 30—25 O und N, leicht zerreiblich, häufig mit eingeschlossenen Partien von fossilem und bituminösem Holz; muschlige Braunkohle mit 65—75 C, 6—4 H, 29—21 O und N, mit ebenem oder muschligem Bruche, dunkelbraun bis schwarz, von 1.20—1.25 spec. Gew. (1 cbm = etwa 700 kg), mit langer russender Flamme und widerlichem Geruche verbrennend; bituminöse Braunkohle mit 70—80 C, 6—8 H und 24—12 O und N, mit ebenem oder muschligem Bruche, aber lebhafterem, fetterem Glanz und geringerem spec. Gew. (1.15—1.20) wie die muschligen Kohlen, auch lebhafter und mit sehr langer, stark russender Flamme brennend. In böhmischen Kohlen eingeschlossene Gase enthielten hauptsächlich Kohlensäure und Stickstoff, wenig Kohlenoxyd und Sauerstoff. Nach einem grösseren Durchschnitt enthält nach Drenckmann wasser- und aschenfreie Steinkohle 85:5 C, 5.5 H und 9.0 O, Braunkohle 63 C, 5 H und 32 O, gute braune Feuerkohle aus dem Merseburger Bezirke 59 C, 5.5 H, 24 O und 11.5 Asche, Schöninger Braunkohlen 60.97—64.31 C, 4.92—5.63 H, 21.23—24.54 O, 7.17—9.57 Asche.

b) Der Aschengehalt beträgt bis 50 Proc., durchschnittlich 5 bis 15 Proc. (bei fasrigen und muschligen Kohlen am geringsten), ist in der Zusammensetzung der Steinkohlenasche ähnlich (Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd, Kalk, Schwefelsäure, untergeordnet Magnesia, Alkalien und Chlor), unterscheidet sich von der Torfasche hauptsächlich durch den fehlenden oder geringen Phosphorsäuregehalt (Spur bis 1.6 Proc.), ist aber meist reich an Schwefel (als Gyps und Schwefelkies, zuweilen freier Schwefel), so dass die Braunkohlen zuweilen zur Sulfatbereitung benutzt werden können. [1])

Die Braunkohlenasche verwendet man im Gemisch mit Thon zu Bausteinen. [2]) Zur Wegebesserung verwandt, kann dieselbe, wenn sie auf Vegetabilien gewehet wird, diese durch Sulfatbildung schädigen, was zuweilen irrthümlich wohl dem Hüttenrauche zugeschrieben ist. Eine Asche [3]) der Kohle von Dorheim in Hessen enthielt 0.46 Kali, 0.34 Natron, 11.20 Kalk, 2.10 Magnesia, 5.08 Eisenoxyd, 22.64 Thonerde, 6.40 Schwefelsäure, 0.66 Phosphorsäure, 0.60 Kohlensäure, 49.58 Kieselsäure, Sand und Thon.

c) Der Wassergehalt [4]) steigt in frischen Kohlen bis 50 Proc., beträgt in lufttrocknen bei Lignit 10—15 Proc., bei muschliger Kohle 10—5 Proc., bei erdiger bis 22 Proc.. Beim Trocknen und namentlich beim Darren [5]) zerfallen die Kohlen meist leicht und werden deshalb häufiger in stark feuchtem Zustande verwandt (erdige Braunkohlen), vertragen auch, bis auf Lignit- und Pechkohle, keinen weiten Transport. Die Heizer halten auch die Kohlen absichtlich feucht, indem sich solche Kohle besser auf dem Rost hält, ohne durchzufallen, und überschüssiger Kohlenstoff, welcher sonst Glühefeuer geben würde, vergast wird. Beim längeren Lagern verlieren sie an Brennkraft. [6])

Das Braunkohlenklein wird zur besseren Verwerthung häufig zu Klötzen (Presssteine) formirt [7]) und zwar seltener durch Anwendung

---

1) B. u. h. Ztg. 1865, S. 376; 1867, S. 158. 2) B. u. h. Ztg. 1866, S. 303; 1870, S. 11. 3) Dingl. 189, 271; 222, 188. 4) B. u. h. Ztg. 1877, S. 19. 5) B. u. h. Ztg. 1865, S. 212; 1875, S. 319. 6) Dingl. 178, 161. 7) B. u. h. Ztg 1860, S. 189; 1861, S. 79, 406, 408; 1862, S. 192; 1864, S. 210; 1866. S. 303; 1867, S. 80; 1868, S. 306; 1873, S. 459; 1875, S. 155, 279 (Trockenofen), 287; 1877, S. 295. Berggeist 1861, No. 64. v. Kerpely's Ber. 3, 38. Dingl. 156 5. 355; 157, 59. 103; 195, 173. Preuss. Ztschr. 24, 181.

von Wärme ohne Druck, als durch Druck ohne Erhitzung des gut getrockneten Materials.

Wärmeeffecte.

1 Thl. Braunkohlen reducirte 14—26 Thle. Blei und erzeugte nach Brix[1]) im getrockneten Zustande 4.81 Thle. Dampf aus Wasser von 0° (S. 79). Es verwandelte 1 kg Kohle Wasser von 0° in Dampf von 100°: Böhmische Kohle 1.093, Habichtswalder Kohle 0.821 kg. Nach Plattner entwickeln fasrige, erdige, muschlige und bituminöse Kohlen lufttrocken resp. 3900, 4836, 5460 und 6400, gedarrt 4914, 5928, 6552, 7200, nach Gruner die reine trockne Kohlensubstanz 6400, 6800, 7000 und 8000 Wärmeeinheiten.

Anwendung.

Die rohen Braunkohlen mit gewöhnlich bedeutendem Wassergehalt finden vielfach Anwendung zum Hausbrand, für Dampfkesselfeuerung, bei Siedeprocessen u. s. w., und eignen sich dafür, namentlich für das Klein, Treppenroste besonders. Bei vorzüglicher Qualität (z. B. von Leoben) dienen sie auch zur Erzeugung höherer Temperaturen (Puddeln in Steyermark, Kärnthen, Maximilianshütte in Baiern u. s. w.), häufiger aber werden sie für metallurgische Zwecke in Generatoren vergast[2]) oder kommen mehr oder weniger vorbereitet (Darren, völliges oder theilweises Vercoken) in Eisenhohöfen[3]) mit zur Verwendung. Die weisse Schweelkohle[4]) der Weissenfelser Gegend von ganz abweichender Zusammensetzung (66.4 C, 10.5 H, 13.3 O, 9.8 Asche) liefert bei der Destillation viel Theer und daraus nutzbare Producte (Brenn- und Schmieröle, Paraffin u. s. w.).

Vorkommen.

39. Steinkohlen.[5]) Diese Gebilde sind durch Zersetzung vorweltlicher Pflanzen noch vor oder in der Kreidezeit entstanden.

Unterschied von Braunkohlen.

Dieselben unterscheiden sich ausser durch ihr Alter hauptsächlich in folgenden Punkten von den Braunkohlen[6]): Letztere geben beim Verkohlen ammoniakalisches oder saures Wasser und entwickeln bei längerem Lagern Kohlensäure, die Steinkohlen resp. ammoniakalisches Wasser und Kohlenwasserstoffgase; Salpetersäure greift Steinkohlen nicht oder nur schwierig an, verwandelt aber Braunkohlen in ein gelbes Harz. Während letztere in chlorigsauren Alkalien löslich sind, werden Steinkohlen davon nicht angegriffen, wohl aber beide von mit concentrirter Schwefelsäure versetzter Salpetersäure. Kalilösung wird von jüngeren Braunkohlen braun gefärbt, nicht aber von Steinkohlen und manchen älteren Braunkohlen. Die Braunkohlen brennen, mit dem Löthrohr angeblasen, einige Zeit unter Entwicklung eines widerlichen Geruches fort, Steinkohlen nicht. Diese Unterscheidungskennzeichen treffen in den meisten Fällen zu, zuweilen aber auch nicht (es verhalten sich z. B. die Steinkohlen Centralrusslands ähnlich wie Braunkohlen, zeigen namentlich Löslich-

---

1) B. u. h. Ztg. 1860, S. 38; 1862, S. 100, 192. 2) Neumann, die Vergasung der erdigen Braunkohle. Halle 1873. 3) Kerl, Grundr. d. Eisenh. 1875, S. 90. B. u. h. Ztg. 1872, S. 10; 1873, S. 34; 1875, S. 197, 230, 311; 1876, S. 272; 1877, S. 192, 323. Schauenstein, Denkbuch des österr. Berg- u. Hüttenwesens, S. 107. 4) Muspratt's techn. Chem. 4, 529. B. u. h. Ztg. 1877, S. 20. 5) Aeltere Citate in Kerl's Met. 1, 284. Gurlt, die deutsche Steinkohle 1868. Lütticher St. in Revue univers. 1867, 5 u. 6 livr. Die Mineralkohlen Oesterreichs. Wien 1878. Kupelwieser u. Schlöffel, die Kohlenreviere von Ostrau u. s. w. Wien 1870. Böhmische u. Zwickauer Kohlen in Preuss. Ztschr. 10, 301. Grundmann, sind die englischen Steinkohlen besser als die schlesischen? Waldenburg 1872. Preuss. Ztschr. 9, 360; 10, 333. Geinitz, Fleck u. Hartig, die Steinkohlen Deutschlands u. s. w. 1865. Muck, chem. Aphorismen über Steinkohlen. Bochum 1873. Ders., chem. Beiträge zur Kenntniss d. Steinkohlen. Bonn 1876 (B. u. h. Ztg. 1876, S. 286). Schondorf, Cokesausbeute u. Backfähigkeit der Steinkohlen in Saarbrücken in Preuss. Ztschr. 23, 135. Mietzsch, Geologie der Kohlenlager. Leipzig 1875. Bildung nach Lesquereux in B. u. h. Ztg. 1860, S. 352, nach Schomburg in Preuss. Ztschr. 23, 135. Berggeist 1874, No. 35 Untersuchungen vor dem Löthrohr in B. u. h. Ztg. 1859, S. 169. Fleck, oberschles. Steink. in Dingl. 195, 430. Amerikanische Kohlen: B. u. h. Ztg. 1873, S. 179. Berichte über die Weltausstellung in Philadelphia von v. Tunner, Kupelwieser u. Wedding. Höfer, Kohlen- u. Eisenerzlagerstätten Nordamerikas. Wien 1878. Frantz, Deutschlands namentlich Oberschlesiens Steinkohle in Concurrenz mit der englischen. 187[illegible] u. h. Ztg. 1865, S. 148; 1870, S. 223; 1877, S. 143. Dingl. 162, 190; 167, 23.

keit in Aetzalkalien) und es können dann nur die geologischen und paläontologischen Verhältnisse entscheiden, unter denen eine Kohle auftritt. Während sich die Braunkohlen in der Tertiärformation befinden, sind Steinkohlen nicht jünger als die Kreidezeit.

Classification.

Man hat die Steinkohlen classificirt:

1) Nach ihrer Structur in Pech-, Russ-, Schiefer-, Blätter-, Faserkohle und Anthracit; in England in Back-, Splint-, Kirschen-, Cannelkohle und Anthracit.

Die aus Araucarien- u. s. w. Resten bestehende Faserkohle (mineralische Holzkohle) ist eine unliebsame Begleiterin der Backkohlen und erschwert bei nicht backenden Kohlen die Erzeugung festerer Cokes. Die aschenfreie Substanz des Brandschiefers ist durchweg reicher an disponiblem Wasserstoff und flüchtigen Bestandtheilen, als die aschenfreien Kohlen desselben Flötzes.

2) Nach ihrem Alter und damit im Zusammenhange nach ihrem Verhalten in der Hitze, indem sie dabei unter Luftabschluss einen aufgeblähten, gesinterten oder pulverigen Coke geben, in Anthracit, Back- oder Fettkohlen, Sinterkohlen und magere oder Sandkohlen, von denen die erste und letzte Sorte keine zusammenhängenden Cokes liefern.

Die Vercokungsprobe wird nach Muck[1]) am besten in der Weise ausgeführt, dass man 1 g feingesiebtes Probirgut im bedeckten Platintiegel bis zum Verschwinden jeglicher Flamme zwischen Deckel- und Tiegelrand erhitzt, wobei der entstehende Cokeskuchen oberflächlich folgendes Aussehen zeigen kann:

a) Rauh, feinsandig, schwarz: α) überall oder doch bis zum Rand locker (Sandkohle); β) festgesintert, nur in der Mitte locker (gesinterte Sandkohle); γ) überall festgesintert (Sinterkohle).

b) Grau und fest, knospenartig aufbrechend (backende Sinterkohle).

c) Glatt, metallglänzend und fest (Backkohle).

Die Backfähigkeit der Kohlen[2]) beim Erhitzen nimmt im Allgemeinen mit dem Gehalt an freiem Wasserstoff zu; es kommen jedoch auch Ausnahmen vor, dass daran ärmere Kohlen backen und hat man den Grund davon in einer eigenthümlichen Anordnung der Elemente (Constitution) oder in anwesenden, noch nicht genau gekannten, die verschiedenen Kohlengattungen unmittelbar zusammensetzenden näheren organischen Verbindungen gesucht. Auch scheint auf die Backfähigkeit ein während der Vercokung anwesender Wassergehalt, sowie der Aschengehalt zu influiren. Nach Veriot und Appolt[3]) können Steinkohlen mager sein durch Ueberschuss an Kohlenstoff (Anthracit), durch Ueberschuss an Sauerstoff (Sandkohlen) und durch Ueberschuss an erdigen Substanzen.

Mit der Backfähigkeit der Kohlen hält die Gasentwicklung nicht gleichen Schritt. Zwar geben die wasserstoffreichen Backkohlen viel und kohlenwasserstoffreiches Gas, während wasserstoffärmere magere Kohlen auch viel Gas liefern können (Gaskohlen), dieses aber reicher an Kohlenoxyd und Wasserstoff ist (lang- und kurzflammige Steinkohlen). Fleck[4]) hat in den verschiedenen Kohlen den Gehalt an freiem und gebundenem Wasserstoff wie folgt bestimmt. Es enthalten in 1000 Theilen: Backkohlen über 40 Thle. freien und unter 20 Thle. gebundenen Wasserstoff, Back- und Gaskohlen über 40 freien und über 20 gebundenen W., Gas- und Sandkohlen unter 40 freien und über 20 gebundenen W., Sinterkohlen und Anthracite unter 40 freien und über 20 gebundenen W. Während Backkohlen, sowie Back- und Gaskohlen bei der Destillation oder Verbrennung vorwaltend Kohlenwasserstoff geben, so treten bei Gas- und Sandkohlen Kohlenoxyd und Wasserstoffgas dem Kohlenwasserstoffgas gegenüber in den Vordergrund. Muck hat diese Zahlen vielfach nicht zutreffend gefunden.

---

1) Muck, B. u. h. Ztg. 1876, S. 287. 2) Prüfung auf Backfähigkeit in Dingl. 195, 91. Muck, Vercokungsprobe im Kleinen in B. u. h. Ztg. 1876, S. 287. Preuss. Ztschr. 19, 90. Verhalten der Kohlen in der Hitze in Dingl. 211, 357. Gase in St. in B. u. h. Ztg. 1871, S. 355. 3) B. u. h. Ztg. 1870, S. 209. 4) Geinitz, Fleck u. Hartig, die Steinkohlen Deutschlands 2, 229. Dingl. 180, 460; 181, 48. 267; 195, 430. Richters in Preuss. Ztschr. 19, 91.

Hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und des Verhaltens bei der trocknen Destillation vorgenommene neuere Untersuchungen haben Gruner, Hilt, Scheurer-Kestner und Meunier, Muck, Havrez u. A. zu folgender, den praktischen Bedürfnissen mehr entsprechender Classification [1]) geführt.

a) Anthracitische oder magere, kurzflammige Kohlen, die kohlenstoffreichsten und wegen geringen Gehaltes an Wasserstoff und Sauerstoff wenig brennbare Gase gebend; mit 90—93 C, 4.5–4 H und 5.5–3 O und N. Sie bilden bei schwarzer Farbe, 1.33—1.40 spec. Gew. (1 cbm = 850 kg) den Uebergang zu den eigentlichen Anthraciten, entzünden sich schwer, brennen mit kurzer, wenig andauernder und rauchloser Flamme und zerspringen zuweilen beim raschen Erhitzen. Beim Vercoken erfolgen 82—90 Proc. leicht gefrittete oder sandige Cokes und 12—8 % Gase, und eignen sie sich für Hausbrand, Dampfkesselfeuerung u. s. w. Vorkommen u. A. im Wormrevier bei Aachen auf Gruben der Vereinigungsgesellschaft in Kohlscheid.

b) Kurzflammige fette oder Backkohlen (ältere Back- und Sinterkohle) mit 88–91 C, 5.5–4.5 H und 6.5—4.5 O und N, schwarz, glänzend, häufig von blättriger Structur mit streifigen Lagen, spec. Gew. 1.30—1.35 (1 cbm durchschn. = 800 kg), entzünden sich schwer, brennen mit kurzer Flamme, geben beim Vercoken 74—82 Proc. compacte und ziemlich harte Cokes und 12—15 Proc. Gase. Besonders geeignet zur Vercokung und Dampfkesselfeuerung. Im Wormrevier bei Aachen und im Inderevier bei Eschweiler.

c) Eigentliche Backkohlen (Fettkohlen) mit 84—89 C, 5–5.5 H, 11–5.5 O und N, schwarz, glänzender als die vorhergehenden, blättrig, langflammiger unter langsamerem Wegbrennen als die vorigen, aber kurzflammiger als die folgenden, im Feuer erweichend, sich stärker aufblähend als die folgenden, bei der Vercokung 68—74 Proc. geschmolzene, mehr oder weniger aufgeblähte Cokes und 16—13 Proc. Gase gebend. Spec. Gew. etwa 1.30 (1 cbm = 750–800 kg); besonders geeignet zum Vercoken, sowie wegen Gewölbebildung in Schmiedefeuern (Schmiede- oder Esskohle), weniger gut als die folgenden gasreicheren Sorten zur Gasfabrikation; u. A. in den Gebieten der Ruhr und von Aachen sich findend.

d) Langflammige Backkohlen (gasreiche Sinter- und Backkohlen) mit 80—85 C, 5.8—5 H und 14.2—10.0 O und N, hart und zähe, mit mehr blättrigem als stängligem Bruche bei dunkler Farbe und starkem Glanz, bei 1.28—1.30 spec. Gew. (1 cbm = 700—750 kg), entzünden sich rasch, brennen mit langer Flamme rasch weg, geben 60—68 Proc. anfangs zusammengeschmolzene, dann lockere Cokes und 20—17 Proc. Gas. Liefern, zur Gasfabrikation besonders geeignet (Gaskohlen), zwar weniger aber stärker leuchtendes Gas als die nachfolgenden, weniger zu Cokesfabrikation passend wegen Erfolges geringerer Mengen poröserer Cokes, werden jedoch aber nicht selten zur Darstellung derselben verwendet, sowie mit Vortheil für Flammofenfeuerung. In Oberschlesien, Saarbrücken und Westphalen.

e) Langflammige Sandkohlen (Flammkohle, gasreiche Sandkohlen), mit 75—80 C, 5.5—4.5 H und 19.15—15.5 O und N, hart und wenig zerreiblich bei ebenem und muschligem, selten stängligem Bruche, tiefschwarz, brennen leicht mit langer Flamme und starker Rauchentwicklung, geben 50—60 Proc. nicht zusammengebackene sandige Cokes (anthracitische Kohlen geben ähnliche Cokes, aber in weit reicherer Menge und viel weniger Gas) und an 20 Proc. Gase; dienen hauptsächlich zur Flammenfeuerung und zur Herstellung eines minder guten Leuchtgases, als die vorhergehenden. In den oberen Partien der Kohlenbecken von Oberschlesien und Saarbrücken, seltener in Westphalen.

Die eigentlichen dichten muschligen Anthracite [2]), welche je nach ihrer Lagerung (ob horizontal gelagert oder aufgerichtet) mehr oder weniger die Eigenschaft besitzen, im Feuer zu zerspringen, geben nur wenig Gase und keine zusammenhängenden Cokes und unterscheiden sich von den übrigen Steinkohlen durch den Mangel an Faserkohle, welche, auf den Absonderungsflächen der letzteren vor-

1) Hilt in B. u. h. Ztg. 1873, S. 185, 396; 1877, S. 19. Gruner ebend. 1874, S. 96. Havrez ebend. 1874, S. 338. Scheurer-Kestner und Meunier in Rev. univers. 1874, T. 35, p. 402.

2) Berggeist 1856, S. 185. Amerikanischer Anthracit in Polyt. Centr. 1865, S. 96. Höfer c. l., S. 37. Ann. d. min. No. 2 de 1875 (Sauvage). Preuss. Ztschr. Bd. 24, Lief. 1 u. 2 (Broja). Russischer Anthracit in B. u. h. Ztg. 1876, S. 415.

kommend, von ihnen in der Zusammensetzung und dem Verhalten im Feuer abweicht. Die Faserkohle ist reicher an Kohlenstoff als die Mutterkohle, erweicht, ähnlich wie Anthracit, im Feuer nicht, entzündet sich und brennt schwerer.

Zusammensetzung.

Scheerer giebt folgende Zusammenstellung von den Steinkohlen:

	Kohlenst.	Wasserst.	Chem. geb. Wasser.	Hygrosk. Wass.	Asche.	Wärmeeffect. Abs.	Wärmeeffect. Spec.	Wärmeeffect. Pyr.	1 Thl. erwärmt Wasser von 0—100°.	1 Thl. red. Blei.	Spec. Gew.
Anthracit	85	3	2	5	5	0.96	1.44	2350°	60.5—74.7	26—33	1.41—1.50
Backkohlen	78	4	8	5	5	0.93	1.17	2300°	52.8—72	23—31	1.13—1.36
Sinterkohlen	75	4	11	5	5	0.89	1.16	2250°	44—61.6	19—27	1.13—1.30
Sandkohlen	69	3	18	5	5	0.79	1.06	2200°	50—71	21—31	1.05—1.34

Nach Peters[1]) lassen sich die Steinkohlen wie folgt classificiren:

	Langflammige Kohlen.			Kurzflammige Kohlen.		
	a Magere Flammk.	b Sinternde Flammk.	c Backende Flammk.	d Fettk.	e Essk.	f Anthracitk.
Kohlenstoff	80.88	83.36	84.79	89.02	90.75	91.91
Wasserstoff	5.25	5.39	5.16	5.07	4.54	4.04
Sauer- u. Stickst.	13.87	11.25	10.05	5.91	4.71	4.05
Cokesausbringen	65	65	75	80	85	90
Theoret. Heizeffect	14.38	15.05	15.22	16.12	16.22	16.05

Die Sorten a und f sind mager, b und e sinternd, c und d backend.

Nach Veriot und Appolt[2]) schwanken die Bestandtheile der Steinkohlen nach Abscheidung der unorganischen Stoffe in gewissen Grenzen; bei den älteren Sorten der Steinkohlenformation C 77—94 und darüber, H 2.5—6.0, O 3.5—17.5; bei jüngeren C bis 96, H bis 9.5 und O bis 37.5.

Knapp findet nach einer grossen Anzahl von Analysen die mittlere Zusammensetzung der Kohlen wie folgt:

	Kohlenst.	Wasserst.	Stickst.	Sauerst.	Schwefel.	Asche.
Aschenhaltige Kohle	79.3	4.8	0.8	7.8	1.7	5.55
Aschenfreie Kohle	84.0	5.1	0.8	10.1 (Sauerst. u. Schwefel)		—
„ „ rund	84	5	1	10		—
Anthracit, aschenfrei	94.16	3.00	2.84 (Stickst. u. Sauerst.)		—	—
„ aschenhaltig	91.29	2.91	2.75		—	3.05

Der Stickstoffgehalt der Anthracite schwankt zwischen 0.58—2.85 Proc., der Schwefelgehalt zwischen 0.63—1.0 Proc.

Verwittern.

Durch längeres Lagern erleidet die Zusammensetzung der Kohlen unter Abnahme des Gewichtes und der Brennkraft, auch wohl der Backfähigkeit eine wesentliche Veränderung[3]) (Verwitterung).

1) Berggeist 1859, No. 19. 2) B. u. h. Ztg. 1870, S. 209. 3) Preuss. Ztschr. 10, 326; 19, 97. B. u. h. Ztg. 1863, S. 272; 1865, S. 264; 1866, S. 68, 272, 331; 1867, S. 20, 374; 1868, S. 275; 1870, S. 208; 1871, S. 452; 1875, S. 146. Muspratt-Kerl's techn. Chem. 3, 1078. v. Kerpely's Ber. 3, 31. Dingl. 190, 398; 193, 51; 196, 317.

Der Aschengehalt schwankt zwischen 0.5—30, beträgt bei besten Kohlen durchschnittlich 4—7, bei mittleren 8—14 und bei schlechteren über 14 Proc. bei $^{1}/_{2}$—2 Proc. Schwefelgehalt. Anthracite enthalten oft nur bis 1 Proc. Asche und keinen Schwefel. Die Asche nähert sich in ihrer Zusammensetzung [1]) häufig einem Bisilicat von Kieselsäure und Thonerde, doch können auch andere Bestandtheile in mehr oder weniger grossen Mengen auftreten, als: Eisenoxyd (1—75 Proc.), Kalk (1—20 Proc.), Alkalien (0—3 Proc.) an Kieselsäure gebunden und wohl von eingemengtem Schieferthon herrührend. Aschengehalt.

Eisenreiche Cokescinder hat man gemahlen, mit Kalk und Kochsalz eingebunden und die Masse auf Eisen zugutegemacht. [2])

Der Schwefelkiesgehalt [3]) der Kohlen, welcher eine Selbstentzündung [4]) und ein Zerfallen beim Verwittern herbeiführen kann, liefert beim Einäschern theilweise Eisenoxyd und schwefelsauren Kalk, welch ersteres die Asche leichtschmelzig machen kann, während der Schwefelgehalt des unveränderten Kieses als Schwefeldampf oder schweflige Säure die Roststäbe angreift, auch den Rauch für die Umgebung schädlich macht [5]) oder auf das Schmelzmaterial ungünstig einwirkt. [6]) Balling fand in Steinkohlenasche 0.085—0.777 Proc. Phosphorsäure [7]), ohne Einfluss bei der Verwendung; nach Durand-Claye kann jedoch, wenn eine Kohle 8 Proc. Asche mit 1.5 Proc. Phosphorsäure giebt, letztere auf Bessemer-Roheisen schädlich influiren. Zuweilen sind die Steinkohlen blei- und zinkhaltig und geben dann Beschläge beim Vercoken, am Dampfkessel [8]) u. s. w. Durch Verwaschen der Steinkohlenasche [9]) gewinnt man noch nutzbare Cokes; auch verwendet man die Asche zu Bausteinen. [10])

Muck [11]) hat ein Verfahren zur genauen Bestimmung der Asche angegeben, auf deren Minimalgehalt zuweilen Kohlenankäufe basirt werden.

Der von Grubenfeuchtigkeit herrührende Wassergehalt [12]) der Kohlen ist meist gering (1—10 Proc.) und zwar um so geringer, je weiter der Zersetzungsprocess der Cellulose vorgeschritten und damit im Zusammenhange, je dichter die Kohle ist, jedoch variirt die Feuchtigkeit in demselben Flötz oft schon auf geringe Abstände. Nach Richters steht die Fähigkeit der Wasseraufnahme in gar keinem bestimmten Verhältniss zur Structur der Kohle, indem feste Kohlen zuweilen mehr aufnehmen als lockere. Im Regen nehmen Kohlen 4.5—10 Proc. an Gewicht zu. [13]) Wassergehalt.

Das übliche Annässen [14]) der Kohlen zum Zusammenhalten des Kleins oder zur Erzeugung von mehr brennbaren Gasen führt stets zu bedeutenden Wärmeverlusten und kann meist durch Wahl passender Rostvorrichtungen umgangen werden.

Das specifische Gewicht (1.3—2.2, durchschnittlich 1.3) nimmt im Allgemeinen mit dem Alter der Kohlen, sowie mit dem Aschengehalte zu; Sandkohlen können dichter sein als Backkohlen (S. 102). Im Verkehr ist das Wägen der Kohlen dem Messen [15]) vorzuziehen. Spec. Gew.

---

1) Kerl's Probirkunst, S. 457. B. u. h. Ztg. 1860, S. 425; 1861, S. 347, 356. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 11, 150. Kerl, Metallurgie 1, 291, 831. Percy-Knapp, Met. 1, 114, 123. Leobener Jahrb. 1869, Bd. 18, S. 193, 356. Preuss. Ztschr. 19, 94. 2) B. u. h. Ztg. 1868, S. 112. 3) Preuss. Ztschr. 19, 96. 4) Preuss. Ztschr. 25, 298. 5) B. u. h. Ztg. 1864, S. 236. 6) Polyt. Centr. 1855, S. 1281. Plattner's Röstprocesse, S. 103. Oest. Ztschr. 1869, S. 84. 7) Oest. Ztschr. 1868, No. 31 (Balling); Dingl. 208, S. 64 (Durand). 8) B. u. h. Ztg. 1862, S. 192. 9) B. u. h. Ztg. 1865, S. 80; 1868, S. 224. Bullet. de la soc. de l'industr. minér., Bd. 10, Lief. 1. Dingl. 186, 75. 441. Würtemb. Gewbl. 1867, S. 492. 10) B. u. h. Ztg. 1868, S. 140. 11) B. u. h. Ztg. 1878, S. 61. 12) B. u. h. Ztg. 1876, S. 288; 1877, S. 67. Preuss. Ztschr. 19, 96. 13) Polyt. Centr. 1866, S. 1447. 14) B. u. h. Ztg. 1867, S. 373; 1871, S. 444; 1874, S. 23. 15) B. u. h. Ztg. 1860, S. 38; 1863, S. 114. Wagn. Jahresb. 6, 627. Dingl. 227, 1.

1 cbm gestaute Kohle wog 753—1006, derbe 1235—1595 kg. Zwischen dem Volumen anstehender und gewonnener Kohle hat man das Verhältniss von 1 : 1.42 beobachtet.[1]) Je mehr die Kohlen zum Zerfallen an der Luft geneigt sind, um so grösser wird der Abgang[2]) durch **Reibung** (bis 90 Proc.).

Künstl. Brennmat.

Steinkohlengrus, namentlich magerer, sowie Anthracitklein[3]) wird häufig zu **künstlichem Brennmaterial (Briquettes)** agglomerirt (S. 66). Durch den Rost gefallene **Cinder**[4]) werden durch Aufbereitung oder Vergasung zugutegemacht.

Wärmeeffect.

Der **Wärmeeffect**[5]) der Steinkohlen ist im Allgemeinen schon früher (S. 78) angegeben.

Die theoretischen Wärmeeffecte der einzelnen Kohlensorten sind nach **Gruner** u. s. w. folgende:

Anthracitische Kohle . .	9000—9500	Wärmeeinh.	9—9.5	kg	verdampftes	Wasser
Kurzflammige Backkohlen	9300—9600	„	9.2—10	„	„	„
Eigentliche Backkohlen	8800—9300	„	8.4—9.2	„	„	„
Langflammige Backkohlen	8500—8800	„	7.6—8.3	„	„	„
Langflammige Sandkohlen	8000—8500	„	6.7—7.5	„	„	„

Nach neueren Versuchen verdampfte Waleser Kohle etwas über 8 Thle., Herna-Bochumer Kohle fast 8 Thle. Wasser. Von den übrigen Kohlen besitzt die schlesische durchschnittlich die grösste Heizkraft, dann folgen die sächsischen und dann die Newcastler Kohlen. Nach den Versuchen von **Brix** gab 1 Thl. getrocknete Steinkohle 5.75—9.00, durchschnittlich 7.39, ungetrocknete 7.50 Thle. Dampf aus Wasser von 0°; es verwandelt z. B. 1 Thl. Kohle Wasser in Dampf: Eschweiler 8.16—8.93, Bochumer 7.18—8.45, Essener 6.45—8.00, Wettiner 7.65—8.04, Saarbrückner 6.66—7.83, Waldenburger 7—7.7, oberschlesische 6.1—7.38, englische 7.47—7.65, Zwickauer 7.5 Thle. Wasser. Nach anderen Ermittlungen verdampften westphälische Kohlen 7.69 Thle. (Nusskohle mit 6.2 Proc. Wasser 8.18 Thle.), Deisterkohlen 6.079 Thle. Wasser. Neuere Versuche auf der Werft zu Wilhelmshaven haben ergeben, dass die beste englische Steinkohle hinsichtlich der Heizkraft, des Aschengehaltes, des verbrannten Quantums und der Zeitdauer des Rauches von der westphälischen Kohle übertroffen wird, während erstere hinsichtlich der relativen Cohäsion ein besseres Resultat giebt. Westhartleykohle mit 9.7 Asche verdampfte 7.61 Thle. Wasser.

Es wiegt 1 preuss. Tonne = 4 Scheffel = 219.85 Liter Kohlen aus Oberschlesien 326—371, Waldenburg 361—370, Essen 386—400, Bochum 372—396, Eschweiler 350—407, Wettin 384—398, Saarbrücken 336—388, England 391 Pfd. à 0.5 kg.

---

1) B. u. h. Ztg. 1860, S. 27. 2) Festigkeit und Transportfähigkeit: B. u. h. Ztg. 1865, S. 260. **Wagn.** Jahresb. 6, 629. **Dingl.** 110, 212. 263. **Brix**, Brennstoffe 1863, S. 33. Druckfestigkeit oberschles. Kohlen in Verh. d. Ver. z. Beförder. d. Gewerbfleisses 1875, Heft 2, S. 234. 3) B. u. h. Ztg. 1872, S. 318; 1875, S. 169. 4) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 17, 255. 5) B. u. h. Ztg. 1860, S. 76; 1862, S. 227, 247, 366; 1864, S. 111, 236, 335. Berggeist 1869, No. 75. Preuss. Ztschr., Bd. 11, Lief. 3; 17, Lief. 2. **Kerl**, Met. 1, 291. Westphälische u. Deisterkohlen in Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 16, 789. Deutsche Kohlen: B. u. h. Ztg. 1877, S. 77, 179, 303. Preuss. Ztschr. 25, 62. **Wunderlich**, Vergl. d. Heizwerth verschiedener Steink. u. Braunk. Berlin 1874. Wochenschrift deutsch. Ing. 1878, No. 15. Études sur la combustion de la houille etc. Mühlhausen, Perrin 1876. Anwendung der Kohlen beim Hohofenbetrieb in **Kerl**, Grundr. d. Eisenh. 1875, S. 88. Heizwerthe und Preisverhältnisse der verschiedenen Brennmaterialien, nach Formeln zu berechnen in Thonindustr.-Ztg. 1879, No. 4.

B. Verkohlte Brennmaterialien.

40. Holzkohle. [1]) Bei Luftabschluss erhitztes Holz bleibt bei 200° fast noch unverändert, bräunt sich bei 220°, bildet bei 270 bis 340° C. unter Fortschreitung der Zersetzung sogenannte Rothkohle oder Rothholz [2]) und giebt über 350° hinaus unter lebhafter Entwicklung flüchtiger Producte Schwarz- oder Holzkohle. Einwirkung der Hitze auf Holz.

Die Auswahl der Verkohlungsmethode hängt hauptsächlich davon ab, ob Hauptzweck die Gewinnung von Kohle oder von Nebenproducten (saure, Holzessig enthaltende wässrige Flüssigkeit und Theer, weniger die kohlensäurereichen, an brennbaren Bestandtheilen armen Gase) ist. Verkohlungsmethoden.

Dabei spielt die Leitung der Destillationstemperatur eine Hauptrolle, indem sie sowohl auf die Ausbeute, als auch die Qualität der Destillationsproducte influirt. Im Allgemeinen nimmt bei rasch steigender hoher Temperatur das Ausbringen an Kohle ab und dasjenige an Nebenproducten zu, indem dabei das chemisch gebundene Wasser nicht als solches entweicht, sondern in Berührung mit bereits gebildeter Kohle Kohlenoxydgas, Kohlensäure und Wasserstoffgas giebt (S. 66). Bei langsam steigender Temperatur findet die Abscheidung des Kohlenstoffs zum grössten Theil erst statt, nachdem hygroskopisches und chemisch gebundenes Wasser schon entfernt sind. Geschieht die Verkohlung bei zu niedriger Temperatur, so bleibt die Kohle zu reich an Wasserstoff und Sauerstoff, welche letzteren sich selbst bei den höchsten Temperaturen nicht völlig austreiben lassen. Rasch verkohlte Kohlen erhalten mehr Spalten und Volumveränderungen und sind deshalb weniger dicht, was beim Messen zu berücksichtigen ist. [3])

Die Destillationstemperatur wird entweder dadurch erzeugt, dass man einen Theil des Verkohlungsholzes der Verbrennung Preis giebt (Meiler, Haufen, Gruben und Meileröfen) oder geschlossene Gefässe durch besonderes Brennmaterial von Aussen erhitzt (Ofenköhlerei).

Für die Auswahl der einen oder anderen Vorrichtung ist besonders massgebend, ob sich grössere Holzmassen an einem Punkte concentriren lassen (Anwendung stationärer Apparate oder Oefen) oder ob man bei grösserer Zerstreutheit der Holzmassen den Verkohlungsort öfters wechseln muss (Meiler, Gruben, Haufen); ferner kommt in Rücksicht, ob auf die mehr oder weniger vollständige Auffangung flüchtiger Producte Werth gelegt wird oder nicht. Ein günstiges Ergebniss der verschiedenen Meilerverkohlungsmethoden hängt, ohne dass die eine Methode wesentlich vollkommner wäre, als die andere, von der Art und Weise der Durchführung bei jeder einzelnen Methode ab und sind die Hauptbedingungen für ein gutes Resultat gutes trocknes Holz, eine dichte und trockne Meilerstätte und ein kundiger und fleissiger Köhler. Zur Heranziehung tüchtiger Köhler hat das schwedische Jern-Kontor durch die Einführung eines praktischen Curses für solche wesentlich beigetragen.

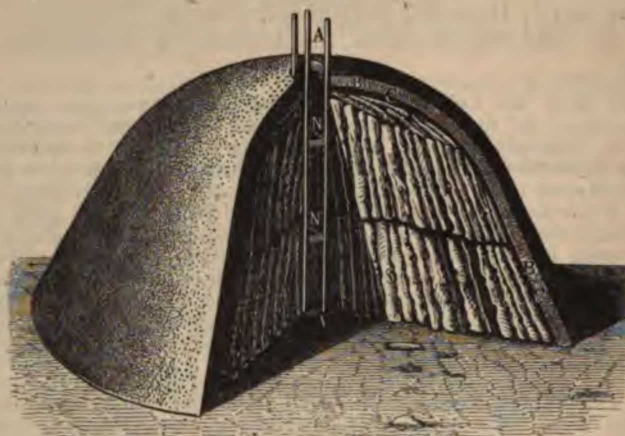
a) Verkohlung in stehenden Meilern (Deutsche Köhlerei). [Fig. 51.] Hierbei kommen nachstehende Operationen vor: Herrichtung der Meilerstätte, seltener in Ziegelmauerung (feste Kohlstätte) als durch Feststampfen von Erde, Sand oder Kohlenklein auf einem Rost von Zweigen (veränderliche Meilerstätte); Richten des Meilers durch Befestigung der durch Spreizen N aus einander Stehende Meiler.

---

1) v. Berg, Verkohlen des Holzes 1860. Citate in Kerl's Met. 1, 248. Muspratt-Kerl, techn. Chem. 3, 907. Percy-Knapp, Metallurgie 1, 125. Knapp, chem. Technol. 1, 215. Dromart's Verkohlungsverfahren in Dingl. 186, 51; Bayr. Kunst- u. Gewbl. 1868, S. 680. Strippelmann u. Becker in Oest. Ztschr. 1872, No. 29, 30. Gillot, carbonisation du bois etc. Paris, Lacroix 1873. v. Tunner, über praktischen Unterricht für Köhler in Kärnthn. Ztschr. 1875, No. 9|10, S. 185. 2) Polyt. Centr. 1868, S. 611. 3) Oest. Ztschr. 1862, S. 347.

gehaltenen Quandelpfähle *A* in der Mitte der Stätte und dichtes Aufstellen von geneigten Holzscheiten in concentrischen Reihen um dieselben; Bildung des Kopfes oder der Haube durch horizontal gelegte Scheite oder Aeste. Ausfüllung des Quandelschachtes, an welchen Bränder von der vorigen Verkohlung gesetzt sind, mit Spänen und trocknem Holzklein; Decken des Meilers mit einer Lage von

Fig. 51.



Rasen, Moos, Laub u. s. w. (Rauhdecke *C*), dann mit einer zweiten Lage von Sand und fetter Erde (Erddecke *B*), welche Lagen auf der Rüstung oder Unterrüstung rings um den Fuss des Meilers herum ruhen, eine in hölzernen Gabeln liegende Umfassung aus dünnen Aesten oder Holzscheiten, welche auf Steine oder Klötze gelegt sind; Anzünden des Meilers durch eine zum Quandelschacht führende Zündgasse, welche nach etwa $^3/_4$ Stunden zugeworfen wird; Austreten von dickem Qualm und Feuchtigkeit, während Luft durch die Rüstung ein- und durch den Quandelschacht austritt und die Oberfläche nach etwa 24 Stunden feucht erscheint (Schwitzen), worauf (nach $1-1^1/_2$ Wochen) der Rauch lichter und die Decke trocken wird, der Quandelschacht zerstört ist und um diesen herum sich schon eine grosse Menge Kohle in Gestalt eines umgekehrten Kegels gebildet hat; Treiben des Meilers bei Unterhaltung der Destillation hauptsächlich durch die Hitze der Kohlenmasse im Innern, indem der Fuss mit Erde zugeworfen und die Decke bei der Haube auf die erforderliche Dicke verstärkt wird; nach einigen Tagen Zubrennen der noch nicht verkohlten äussersten Holzschicht unter der Decke und am Boden durch Einstechen von Luft zuführenden Räumlöchern reihenweise von oben nach unten hin, wo es dann zur Gaare geht, sobald man mit dem Räumen am Fusse angelangt ist und aus den Räumlöchern blauer Dampf tritt; Befeuchten der heissen Oberfläche oder Nachbessern der Decke mit Rasen und Erde, Verstärkung der fest anzuschlagenden Decke nach eingetretener Gaare und Abkühlenlassen während

einiger Tage; Kohlenziehen durch eine Oeffnung der Windseite gegenüber, Schliessen der Oeffnung, Anbrechen des Meilers an einer anderen Stelle u. s. f., wobei jedesmal etwa 3 cbm Kohlen gezogen und, wenn noch glühende darunter, mit Wasser gelöscht werden; Sortiren derselben nach der Grösse in Lese- oder Stauf-, Zieh-, Quandel- und Grösekohlen oder Kohlenlösch[1]), dann halbverkohlte, ohne Rauch mit mehr oder weniger leuchtender Flamme brennende Stücke (Brände) für die nächste Kohlung. In zu hoher Temperatur erzeugte, sogenannte verbrannte Kohlen sind mattschwarz, leicht, vielfach zersprungen und leicht zerreiblich. Die Kohlenlösche dient im Gemenge mit Cindern zweckmässig zur Gaserzeugung, auch hat man sie mit Torf zu Briquettes geformt (Schweden).[2])

Als sonstige Arbeiten kommen beim Holzverkohlen noch vor: Das Füllen der durch ungleichmässigen Gang entstehenden, mittelst des Wahrhammers zu erkennenden Einsenkungen und Wegräumung der Decke, indem man die Kohlen mit der Füllstange fest in die Höhlung hinab stösst, letztere mit Kohlen oder Holz ausfüllt und eine Decke giebt; Erneuerung der Decke beim Schütteln (Schlagen, Werfen), wenn sie durch eine von Wasserdampf oder explosiblen Gasarten hervorgebrachte Explosion stellenweise abgeworfen ist, namentlich zwischen Anzünden und Schwitzen.

Grösse der Meiler 25—310 cbm, meist 93—155 cbm; Ausbringen je nach der Art und dem Alter des Holzes und Leitung der Verkohlung dem Gewichte nach 15—28, durchschnittlich 21—22 Proc., dem Volumen nach 50 bis über 60, durchschnittlich 55 bei Nadel- und 48 Proc. bei Laubholz vom Derbgehalt. Es geht sonach über die Hälfte des Kohlenstoffs beim Verkohlen verloren; Schwinden des Holzes in die Länge beim Verkohlen 8—10 Proc., im Durchmesser eben so viel, also im Ganzen 15—25 Proc. Leere Zwischenräume in einem gefüllten Hohlmass durchschnittlich 35% vom Ganzen. Der Verkohlung in Oefen gegenüber ist das Kohlenausbringen in denselben allerdings höher (etwa 65 Volumproc.) als in Meilern (durchschnittlich 55%), und die Arbeitslöhne etwas geringer, aber die Kohlen aus Oefen sind schlechter, weshalb die Ofenverkohlung vielfach verlassen ist.

Es giebt eine Menge Modificationen bei der Köhlerei an verschiedenen Orten. Sollen die flüchtigen Producte (Theer, Holzessig, Meilerwasser) theilweise gewonnen werden, so stellt man die Sohle A der kreisrunden Verkohlungsstätte aus Ziegelmauerung her (Fig. 52), mit einiger Neigung nach dem mit einer Eisenplatte D lose bedeckten Mittelpunkte zu. Die condensirten Producte fliessen dann durch den Canal B in das mit Deckplatte G versehene Reservoir C. Auch umgiebt man den Meiler wohl mit festen, in einzelnen Stücken transportablen Wänden und leitet die flüchtigen Destillationsproducte von oben durch ein Rohr in Condensationsgefässe ab.[3]) Auffangung flüchtiger Producte.

Nach Ebelmen enthielten die Gase von der Meilerverkohlung

---

1) Verwendung in Ztschr. d. deutsch-österr. Eisen- u. Stahl-Industr. 1869, No. 8. 2) Kärnthn. Ztschr. 1878, Jahrg. 10, S. 138. 3) Schlesische Wochenschr. 1861, No. 32.

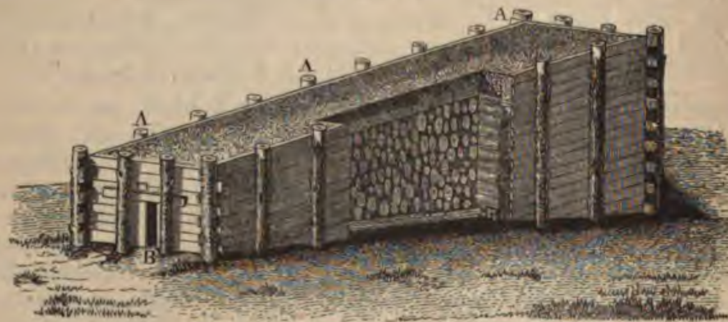
25 Proc. Kohlensäure, 7 Proc. Kohlenoxydgas, 10 Proc. Wasser und 58 Proc. Stickstoff.

Fig. 52.



Nach Strippelmann und Becker erfolgten bei der Meilerverkohlung in Böhmen nachstehende Resultate: Gut ausgewachsenes lufttrocknes Kiefernholz giebt eine etwa 10 Proc. schwerere Kohle als Tanne und Fichte bei 16 Proc. geringerem Ausbringen. Grünes Holz giebt 10 Proc. schwerere Kohle als lufttrocknes bei 16 Proc. geringerem Ausbringen. Gleiches Holz giebt auf leichtem Boden 8—10 Proc. dem Gewichte nach weniger Ausbringen, als solches auf schwerem steinigen Boden. Auf nicht vollständig trocknen Plätzen erfolgte eine 3—5 Proc. schwerere Kohle bei verhältnissmässig geringerem Ausbringen als auf trocknem. Bei steiler Schlichtung des Meilers wurden per Klafter à 6.82 cbm 9 Proc. Kohle leichter per Tonne, als bei flacher Schlichtung. Bei Meilern mit gleichen Holzmengen gaben diejenigen die besten Resultate, welche am 8. Tage fertig waren; bei zu langsamem Zubrennen wird die bereits fertige Kohle durch die lange Einwirkung der Hitze leichter, sowie auch bei zu rascher Verkohlung in stärkerem Feuer. Meiler von 30—35 Klafter à 6.82 cbm ergaben die gleichmässigsten und besten Resultate, solche bis 50 Klafter Inhalt 4—5 Proc. geringeres Gewicht der Kohle und 1—2 Proc. Lösche per Klafter mehr. 30 Cbfss. à 0.0316 cbm Holz in 7 Tagen 13 Stunden verkohlt gaben ein Ausbringen von 59.3 Volumproc. und 25.3 Gewichtsproc., bei 8 Tagen 19 Stunden Zeitdauer resp. 60.7 und 25.0 Proc.

Fig. 53.



Haufenverkohlung.

b) Verkohlen in Haufen (liegende Meiler). Bei deutschen Haufen werden Baumstämme von 2.5—3.8 m Länge und bis 0.31 m Stärke zu einem oblongen Haufen von 6.28—18.83, durchschnittlich 9.42—12.55 m Länge und 1—2 m Breite formirt (Fig. 53) und

mit einer Decke von Erde und Kohlenklein umgeben, welche man zwischen der durch Pfähle *A* gehaltenen Holzverschalung und dem Holz einstampft. Oben auf kommt eine Decke von Reisig, Blättern und Lösche. Das Anzünden geschieht in der Gasse *B* und man leitet das Feuer durch Anbringung von Räumlöchern allmählich von hinten nach der vorderen ansteigenden Seite (Segel). Während der vordere Theil des Haufens schon völlig verkohlt ist, befindet sich der mittlere im Treiben und der hintere im Schwitzen.

Man hat solche deutsche Haufen bei Längslagerung der Rundhölzer auch zur Gewinnung von Nebenproducten vorgerichtet (Fig. 54), indem man dieselben durch 3 gusseiserne Röhren *A*, welche Auffangung flüchtiger Producte.

Fig. 54.



sich in der Röhre *B* vereinigen, durch ein Kühlfass *C* nach der in einem Wasserbehälter *E* stehenden Vorlage *D* führt.

Die in Schweden üblichen Haufen von etwa 6 m Länge und Breite haben eine Holzlagerung wie in Fig. 53, sind aber breiter und höher und haben an dem höheren Kopfende kurze Scheite der Länge nach zwischen die Rundhölzer eingelegt, während die mährisch-schlesischen Haufen bei bis 20 m Länge und 6 m Breite nur etwa 2 m hoch aus der Länge nach gelegtem Scheitholz bei durchweg gleicher Höhe des Haufens formirt sind.

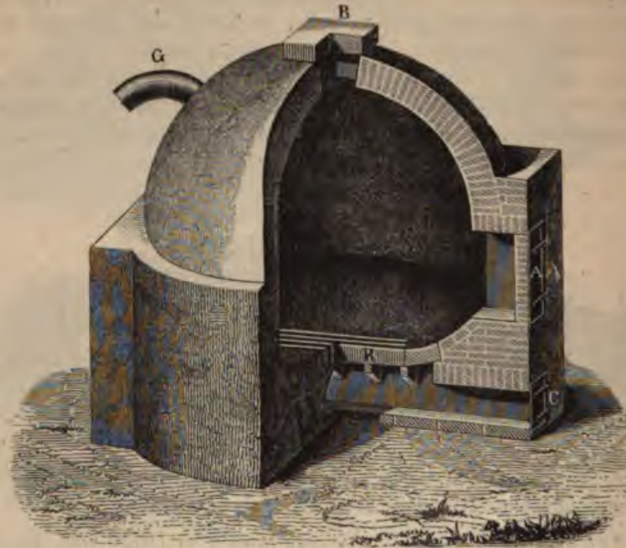
Die Haufenverkohlung gestattet eine raschere und bequemere Herstellung, einfachere und minder beschwerliche Feuerarbeiten und bei gleichem Volum die Aufnahme von mehr Holz, giebt aber wegen unregelmässigeren Ganges ein geringeres Kohlenausbringen und findet nur noch wenig Anwendung, weil sich die dazu nöthigen Langhölzer besser verwerthen lassen.

c) Verkohlung in Meileröfen bei Luftzutritt. Dieselben sind entweder oblonge [1]) gemauerte Räume mit Gewölbe, Abzugsröhre für die flüchtigen Producte in letzterem und seitlichen Luftzuführungsöffnungen, oder sie enthalten bei vierseitiger oder runder Gestalt an der Sohle einen durch auf die hohe Kante gestellte Ziegeln gebildeten Rost *R* zum Luftzutritt zu dem dicht darin aufgeschlichteten Holz, wie Fig. 55 ergiebt. *A* Thür zum Füllen des Ofens und zum Ausziehen der Kohlen. *B* Oeffnung zum Füllen des oberen Ofentheiles. *C* Thür zur Regulirung des Luftzutrittes. *G* eiserne Röhre zum Abzug der flüchtigen Destillationsproducte. Man leitet durch Anzünden von Feuer unter dem Roste die Verkohlung bei offener Oeffnung *A* und *B* ein, schliesst diese alsdann und regulirt den ferneren Luftzutritt durch die Thür *C*. Meileröfen.

1) Mexikanischer Ofen in Dingl. 147, 20.

Derartige Apparate sind in der Anlage und Unterhaltung theurer als Meiler und bedingen wegen erforderlicher längerer Abkühlung nach dem Gaaren einen grösseren Zeitverlust, gestatten aber eine bessere Regulirung der Temperatur und Schutz gegen Wind und Wetter.

Fig. 55.



Moreau hat einen transportabeln Ofen [1]) mit selbstthätigem Luftzutritt construirt, indem durch Wegbrennen des Holzes in einem Kasten auf dasselbe gestützt gewesene Ventile die Luftzuführungsöffnungen verschliessen. Auch der Hoffmann-Ringofen ist zur Holzverkohlung empfohlen worden.

Oefen mit beweglicher Decke.

Den Uebelstand, dass die durch Schwinden des Holzes entstehenden Zwischenräume sich nicht vermeiden lassen, hat man dadurch beseitigen wollen, dass man cylindrischen Oefen eine bewegliche Decke gab, welche mit dem Schwinden des Holzes nachsinkt.

Verkohl. d. Feuergase.

Zur Erhöhung des Ausbringens hat man sauerstofffreie Feuergase oder Gichtgase ins Innere der Meileröfen geleitet, wobei jedoch eine Verzehrung von Kohlenstoff nicht ausgeschlossen ist, weil diese Gase immer auf denselben wirkenden freien Sauerstoff, Wasserdampf und Kohlensäure enthalten (Oefen von Schwarz, Grill, Christian). [2])

Gruben.

d) Grubenverkohlung. [3]) Bei diesem älteren, nur noch wenig angewandten Verfahren wird in einer Grube in der Erde Reisig angezündet, darauf Holz gethan und sobald dasselbe nach dem Anbrennen nur noch wenig Rauch giebt, abermals Holz hinzugefügt, bis die Grube voll ist. Dann giebt man eine Rasendecke oder setzt einen Deckel auf, leitet auch wohl die flüchtigen Producte seitlich nach oben

1) Deutscher Engineering 1874, Bd. 18, S. 204. 2) Muspratt-Kerl, techn. Chem. 3, 937. Knapp, chem. Techn. 1, 240. Percy-Knapp 1, 141. Polyt. Centr. 1862, S. 323. 3) Muspratt-Kerl, techn. Chem. 3, 937.

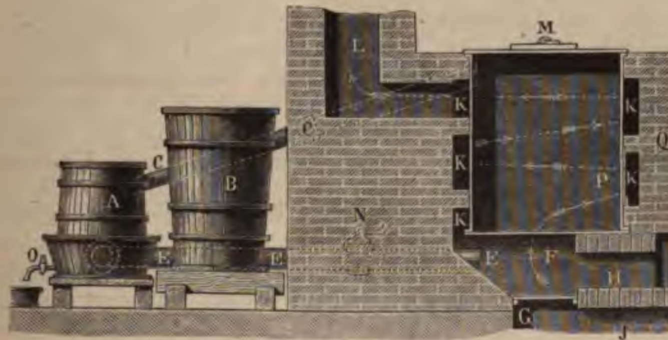
hin ab. Auf diese Weise erzeugt man auch zuweilen Kohle für die Pulverbereitung in eisernen Kesseln.

Geschlossene Verkohlungsöfen.

e) Verkohlung in luftdicht geschlossenen Gefässen. Dabei ist seltener die Gewinnung von Kohle (z. B. zur Pulverfabrikation), als diejenige der flüchtigen Producte Hauptzweck. Bei etwa 60–65 Proc. Kohlenausbringen dem Volumen und 25—27 Proc. dem Gewichte nach braucht man häufig fast ebensoviel Reisholz zur Feuerung. Die Arbeitslöhne sind etwas billiger als bei Meilern, aber die Kohlen schlechter. Bald werden eiserne stehende Cylinder, bald horizontal liegende Röhren und Retorten mittelst besonderer Feuerung von Aussen erhitzt, bald Feuergase, überhitzte Dämpfe u. s. w. in Röhren durch einen mit Holz gefüllten gemauerten Raum geleitet.[1] Die sogenannten Thermokessel[2]) werden durch äussere Feuerung erhitzt und gleichzeitig in dieselben Wasserdämpfe eingeleitet.

Ein häufig angewandter Verkohlungsofen hat nachstehende Construction (Fig. 56): *M* eiserner Cylinder, durch eine verschliessbare Oeffnung im Deckel zu füllen und vom Rost *G* aus von unten und seitlich in den Zügen *K* zu befeuern. *J* Aschenfall. *H* Schürloch. *L* Esse, *P* Oeffnung, mit einer solchen in *Q* correspondirend, zum Ausziehen der Kohlen. *A* Vorlage. *B* Kühlfass. *C* eiserne Röhren. *E* ein in den Feuerungsraum *F* einmündendes Rohr zur Einführung der nicht condensirten Gase und Dämpfe. *O* Ablasshahn.

Fig. 56.



Eigenschaften.

Gute Holzkohlen, bei 350—400° erzeugt, sind bläulich schwarzglänzend mit muschligem Bruch und bei verringertem Volumen von der Form und Structur des Holzes, klingen beim Anschlagen, färben wenig oder gar nicht ab und verbrennen ohne Rauch, in kleinen Stücken auch ohne Flamme (S. 71). Beim Magaziniren entstehen 5 Proc. und mehr Verrieb[3]) (Lösche, Kohlenklein) und frische Kohlen absorbiren dabei 10—20, durchschnittlich 12 Proc. Feuchtigkeit und Gase[4]), namentlich Sauerstoff aus der Luft, weshalb abgelagerte Kohlen[5]) energischer verbrennen als frische (nach Gruner

1) Muspratt-Kerl, techn. Chem. 2, 977; 3, 935. Gillot's Ofen in Dingl. 185, 188. Autier's Ofen in Dingl. 161, 102. Brunner's Lehrb. der Essigsäurefabrikation. Braunschweig 1876. Reichenbach in Illustr. Gew.-Ztg. 1873, No. 41, 42. 2) Dingl. 159, 379. 3) Kohlenverrieb und Benutzung der Lösche in Oest. Ztschr. 1869, No. 6. 4) Untersuchung der flüchtigen Kohlenbestandtheile in B. u. h. Ztg. 1865, S. 437. Percy-Wedding, Eisenhüttenkunde 2, 281. 5) Bergwerksfr. 3, 513; Tunner, Stabeisen- u. Stahlbereitung 1, 28. Erdm. J. 101, 397. Scheerer's Met. 1, 522.

bei 350° dargestellt enthalten sie 6—7, bei 1000° erzeugt 2—4 % Wasser, also veränderlich nach der Dichtigkeit). Bei niedrigerer Temperatur von 350 bis 400° dargestellte porösere Kohlen entzünden sich bei 360—370°, dichtere aus Stahl- und Platinschmelzhitze bei resp. 600—800 und 1250°. Das wahre specifische Gewicht der Kohle im gepulverten Zustande nach Entfernung aller Luft aus den Poren ist etwa 1.5—2, das specifische Gewicht der porösen, lufthaltigen Kohle etwa 0.2—0.35 bei leichten und 0.35—0.50 bei harten Kohlen.

Das spec. Gew. der Kohlen schwankt nach der Gattung des Holzes (hart oder weich) und nach der mehr oder weniger raschen Verkohlung, indem eine rasche Verkohlung eine leichtere, rissigere und zerreiblichere Kohle giebt. Je nachdem das Holz rasch oder langsam auf trocknem und warmem Boden gewachsen, ergeben sich nach Gruner bei 6—7 % Wassergehalt folgende Gewichte der Kohle für 1 cbm, wobei sich die niedrigeren Zahlen auf rasch gewachsenes Holz beziehen: hartes Laubholz 200—240, weiches Laubholz 140—200, Rothtannen und Kiefern 140—180 und Weisstannen 125—140 kg.

Zusammensetzung. Selbst bei Platinschmelzhitze erzeugte Kohlen enthalten noch Wasserstoff und Sauerstoff und bestanden z. B. aus 96.52 C, 0.62 H, 0.94 O und N und 1.94 Asche; bei 340° C. erzeugte aus 75.20 C, 4.41 H, 19.96 O und N und 0.48 Asche. Durchschnittlich enthält trockene Kohle 90 C, 3 H und 7 O, im abgelagerten Zustande aber 70.45 C, 1.68 H, 13.10 O, 1 Asche und 13.76 Feuchtigkeit und Gase. Mittlerer Aschengehalt 3—4 %.

Wärmeeffect. Reinste, von absorbirten Gasen durch Glühen möglichst befreite Kohlen entwickeln bis 8000 Wärmeeinheiten. 1 Thl. Kohle reducirt 28—33.7 Thle. Blei, erwärmt 75.7 Thle. Wasser von 0—100° und erzeugt nach Brix getrocknet 7.59, ungetrocknet 6.78 Thle. Wasserdampf aus Wasser von 0°. Die Verdampfungskraft des lufttrocknen Buchenholzes zu der des Rothholzes verhielt sich nach Fresenius [1]) wie 54.32 : 100.

Anwendung. Die Holzkohle ist ein vorzügliches Brennmaterial für metallurgische Feuerungen wegen gleichmässigen hohen Wärmeeffectes und geringen sich nahezu gleichbleibenden gutartigen Aschengehaltes, welcher die directe Berührung der Substanzen mit der Kohle, also die beste Wärmeausnutzung gestattet.

Anwendbarkeit. **41. Torfkohle.** [2]) Aschenarmer und hinreichend dichter Torf (aber nicht Presstorf, welcher in der Hitze auseinandergeht, sondern am besten gedarrter Maschinentorf) liefert beim Verkohlen eine der Holzkohle sich nähernde Kohle, welche bei geringem Phosphorgehalt und genügender Festigkeit in Schmiedefeuern, selbst in Eisenhohöfen Anwendung gefunden hat.

Nach Kindinger [3]) wird jedoch, abgesehen von der guten Qualität der Torfkohle, dieselbe wegen grösserer Kosten, geringen Ausbringens und grossen Zeitaufwandes bei der Darstellung mit der massenhaften Production eines Hohofens nicht gleichen Schritt halten und hinsichtlich des Preises selbst nicht immer mit Holzkohlen und Cokes concurriren können. Der in der Wörschacher Fabrik [4]) in

1) Polyt. Centr. 1868, S. 611. 2) Aeltere Citate in Kerl's Met. 1, 274. Muspratt-Kerl, techn. Chem. 3, 1002. B. u. h. Ztg. 1865, S. 375; 1867, S. 379; 1868, S. 123, 223; 1871, S. 347. v. Kerpely's Ber. 2, 73; 3, 47; 4, 45. Dingl. 139, 299; 152, 272. Bayr. Ind.- u. Gewerbe-Bl. 1869, S. 334. Hausding, Torfgewinnung. Berlin 1876, S. 247. Schenk, Torfverwerthung, S. 35. 3) Oest. Ztschr. 1867, S. 21. Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 97. 4) Hausding, Torfwirthschaft 1878, S. 17, 30, 49 (Feilenbach, Wörschach).

Steyermark erzeugte Kugeltorf (S. 97) liefert im Barff'schen Ofen 45 Proc. Torfcokes mit 8 Proc. davon Brennstoffaufwand; 100 kg Torfcokes kosten 0,30 Guld.

Die Verkohlung kann geschehen

Verkohlungsmethoden.

1) mittelst directer Wärme, indem unter Luftzutritt ein Theil des Torfes verbrennt und die dabei erzeugte Hitze zur Verkohlung des andern Theiles dient. Hierher gehören folgende Vorrichtungen:

a) Meiler, Haufen und Gruben, ganz ähnlich wie bei Holz, nur ist die Leitung des Kohlungsprocesses schwieriger.

Meiler von 772.5 cbm und 13500 kg Torfinhalt gaben 27.7 Gew.-Proc. Kohle (Weiherhammer in Baiern), anderwärts 28—35 Proc., durchschnittlich 30 Proc.. In Schweden[1]) erfolgten in 4.156 m langen, 1.188 m tiefen und breiten, mit Steinen ausgesetzten Gruben Torfkohlen, von denen $2^1/_2$—3 Tonnen (362.75 bis 435.3 l) = 1 Tonne (145.1 l) Steinkohlen ersetzen. Die Haufen erhalten etwa 2 m Breite bei 15—20 m Länge und schreitet das an einer Schmalseite angezündete Feuer etwa 0.5—0.8 m täglich fort; Ausbringen ähnlich wie bei der Meilerverkohlung. In Norddeutschland fassen conische Meiler von 7.54 m Durchmesser und 3.77 m Höhe bei 30° Neigung 15000 kg Torf und liefern 5000 kg Torfkohle; 3 Mann sind bei 2 solcher Meiler mit allen Nebenarbeiten durch 14 Tage beschäftigt.

b) Meileröfen von der Einrichtung der Holzverkohlungsöfen, in welchen die Verbrennungsluft besser von oben als von unten zugeführt wird.

Derartige Ofenconstructionen sind u. A. angegeben von Hahnemann in Gestalt eines cylindrischen Schachtes mit durchlöchertem Innenrohr zur Ableitung der Destillationsproducte und mit Luftzuführung unten seitlich durch die Ausziehöffnung; von Wagemann als Schachtofen von oben nach unten verjüngt mit Rost und Abzugsrohr für die Destillationsproducte, durch einen Exhaustor angesogen, unter dem Rost, Ausbringen 40 Proc.; von Weber in Staltach in Gestalt eines 4.5 m weiten, 1.3 m hohen bedeckten Cylinders von 20 cbm Fassungsraum mit seitlichem Feuerherd, von welchem aus die Feuergase den Torf nach unten durchziehen und durch ein Drahtgeflecht am Boden einem Abzugsrohr zugeführt werden. Ausbringen bis 50 Proc. Kohle dem Gewichte und 76 Proc. dem Volum nach. Beta[2]) führt die Verkohlung in einem Hoffmann'schen Ringofen aus.

2) Mittelst strahlender oder leitender Wärme in Retortenöfen bei Luftabschluss, indem den Torf enthaltende Gefässe von aussen durch eine directe Feuerung oder durch Abhitze erwärmt werden. Man bezweckt gewöhnlich mit diesem Verfahren durch Verwendung von geringem Brennmaterial eine Ersparung an den Feuerungskosten bei Erzielung einer grösseren Kohlenausbeute und Auffangung flüchtiger Destillationsproducte (Theer, Essigsäure, Ammoniak u. s. w.), hat aber meist nur bei ganz besonderen localen Verhältnissen der Meilerverkohlung gegenüber ökonomisch günstige Resultate erreicht.

Hierher gehören folgende bessere Constructionen:

a) Oefen mit stehenden Retorten. Der Ofen von Jüngst schliesst mehrere, in einer Reihe stehende conisch gemauerte Retorten von 5 m Höhe, 3 m oberem und 1.5 m unterem Durchmesser ein, welche durch die Heizgase von einer Anzahl Feuerungen im Mantel umspielt werden. Die flüchtigen Producte ziehen durch den vertieften Boden nach unten ab. Ein Ofen lieferte zu Alexishütte bei Lingen wöchentlich 1150 kg Cokes bei 25—30 Proc. Brennstoffverbrauch und 40—60 Proc. Ausbringen dem Gewichte nach. — Lottmann's

1) B. u. h. Ztg. 1871, S. 184. 2) Polyt. Centr. 1874, S. 1174.

Ofen[1] zu Josephsthal in Böhmen hat nachstehende Construction (Fig. 57, 58 A eiförmiger gemauerter Ofen von 4.426 m Länge und resp. 1.312 m und 1.185 Breite. *a* Mittel- und *b* Seitenroste. *m* und *p* Circulationscanäle für die Feue-

Fig. 57.

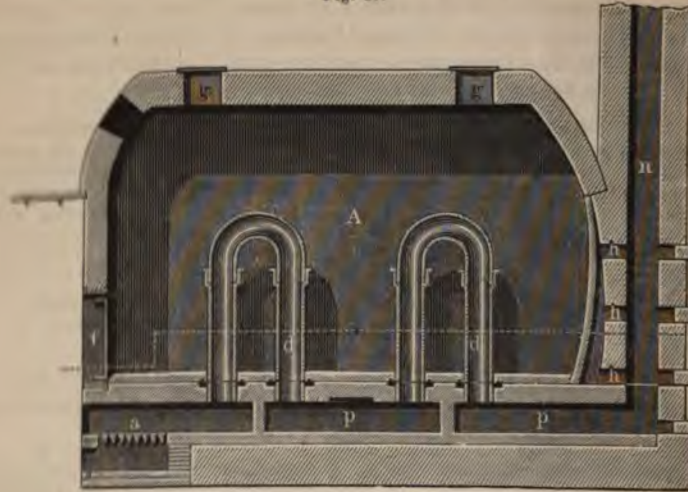
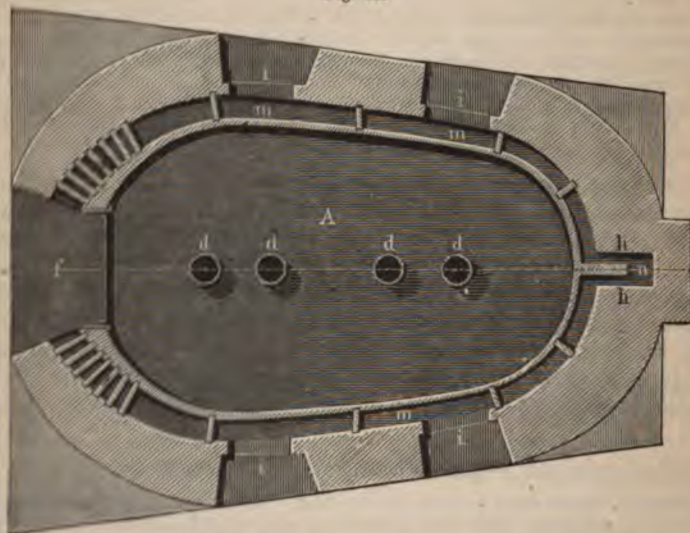


Fig. 58.



gase, welche durch Canäle *h* in die Esse *n* abziehen. *d* Heizröhren von 0.237 m Weite. *f* und *g* Füllöffnungen. *i* Kühlöffnungen für die Zwischenräume *m*. Die Destillationsproducte entweichen durch zwei im Gewölbe angebrachte Röhren von

1) Leoben. Jahrb. 15, 238. Kick, techn. Blätt. 1873, S. 18. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 17, 646. Oest. Ztschr. 1877, No. 46.

0.21 m Weite in einfache Vorlagen. Charge 20 cbm, Nachsatz 5 cbm, Dauer 50 bis 60 Stunden, Ausbringen 40—45 Gewichtsproc. und mit 12 cbm Torfabfällen zur Heizung 40—45 Volumproc. Neuere Verbesserungen sind die Anbringung von Treppenrosten für Torfklein und die von Grotjahn und Pieau vorgenommene Einleitung der in der Vorlage nicht condensirten Gase in die Feuerungsräume, wohin aus der Vorlage ein gabelförmiges Rohr führt.

b) Oefen mit liegenden eisernen Retorten. Thenius' Ofen zu Salzburg hat 3—5 schmiedeeiserne rechteckige Retorten von 2.20 m Länge, 0.93 m Breite und 0.3 m Höhe; Theer- und Ammoniakdämpfe gehen durch ein Rohr an der Hinterseite nach abwärts, durch eine siebförmige Einlage vor dem Hineinfallen von Torfstücken geschützt. Chargengrösse 75 kg für jede Retorte, Ausbringen von 40 Kohle, 4.7 Theer, 36.4 Ammoniakwasser, 19.3 Gase und Verlust.

Man fand in Torfkohlen 60—86 Proc. C, 2.2—4.4 Proc. H, 6 bis 17 Proc. O und N, 10—15 hygroskopisches Wasser. Beim Glühen entweichen meist 20—25 Proc. flüchtige Producte, der Aschengehalt variirt zwischen 1.5—50 Proc., Minimum 4—5 Proc., durchschn. 10—20. Proc. Fikentscher fand in einer Torfkohle von Oberfranken 89.9 C, 2.4 N, 1.7 H, 4.2 Asche und 1.8 Verlust. Zusammensetzung.

Es reducirte 1 Thl. Kohle 18—25 Thle. Blei.

Im Vergleich zu Holzkohle und Cokes stellen sich die Wärmeeffecte etwa wie folgt: Wärmeeffect.

	Absol. W.-E. C = 1.	Pyrometr. W.-E.
Torfkohle	0.33—0.85	2050—2400
Holzkohle	0.64—0.97	2100—2450
Cokes mit 5 Proc. Asche	0.84—0.97	2350—2450.

Ausser zur Feuerung kann die Torfkohle, ähnlich wie Knochenkohle, zum Entfärben und Geruchlosmachen von Flüssigkeiten verwendet werden. 1 cbm aschenfreieste Kohle wiegt 230—250 kg, gewöhnliche unreinere Kohle 300—350 kg. Anwendung.

42. Braunkohlencokes. [1]) Die in neuerer Zeit mehrfach versuchte Vercokung von Braunkohlen (S. 101) beschränkt sich auf die Lignite [2]) und manche Pech- und Glanzkohlen, da die gewöhnlichen erdigen und meisten muschligen Kohlen beim Erhitzen in kleine Stücke zerfallen. Solche Kohlen geben aber mit Steinkohlen zusammen vercokt brauchbare Cokes [3]), welches Product z. B. für Steyermark eine grosse Zukunft hat. Der Schwefelgehalt wird beim Vercoken nur unvollständig ausgetrieben. Allgemeines.

Bei Versuchen im Kleinen erhielt man 29 bis 68 Proc. Kohle; durch Meilerverkohlung aus Ligniten $15^1/_2$ Gewichts- und 32 Volumprocente Cokes. Giessener bituminöses Holz lieferte 32—36 Proc. Cokes und von Cokes aus Rhönbraunkohlen erhitzte 1 Thl. an 73 Thle. Wasser von 0—100°.

Die Vercokung der Braunkohlen geschieht seltener zum Zweck der Cokesgewinnung von Cokes als Ersatzmittel für Holzkohlen- und Steinkohlencokes (S. 101), als zur Gewinnung von Theer für Erzeugung von Leuchtmaterialien u. s. w. (Theerschweelen), wo dann das zurück- Anwendung.

---

1) Aeltere Citate in Kerl's Met. 1, 283. Muspratt-Kerl, techn. Chem. 3, 1033. 2) Oest. Ztschr. 1869, No. 39. Berggeist 1871, No. 27. 3) Oest. Ztschr. 1869, No. 24; 1871, No. 13.

bleibende Cokesklein (Grude)[1]) Material zum Heizen von Zimmeröfen, Herden u. s. w. und zur Gaserzeugung liefert. Gmelin[2]) empfiehlt, die Braunkohlen zu darren, in eisernen Röhren nach dem System von Gordsche und Teichl bei Dunkelrothgluth zu vercoken und das Cokesklein zur Briquettirung oder Gaserzeugung zu verwenden.

Zusammensetzung und Destillationsproducte von Kohlen des Merseburger Bezirkes[3]) sind folgende:

	Zusammensetzung				Destillationsproducte		
	H	C	O	Asche	Gase	Kohle	Asche
Weisse Kohle (Schweelkohle) . .	10.5	66.4	13.3	9.8	86.9	3.3	9.8
Hellbraune Gerstewitzer Kohle . .	6	66	16	12	65.6	22.4	12.0
Gute braune Feuerkohle	5.5	59	24	11.5	62.7	25.8	11.5
Weniger gute schwarze Feuerkohle	4	46	32	18	52.3	29.7	18.0

Beschaffenheit der Steinkohlen zum Vercoken.

43. Steinkohlencokes.[4]) Die Anwendbarkeit einer Steinkohle zur Vercokung, welche die Erzielung eines gleichmässigen Productes von hinreichender Festigkeit, von höherem Wärmeeffect und grösserer Reinheit, namentlich von Schwefel bezweckt (Abschwefeln), hängt hauptsächlich ab:

Backfähigkeit.

a) von der Fähigkeit, in der Hitze mehr oder weniger zu backen (S. 102) und es richtet sich danach wesentlich mit die Auswahl des Vercokungsverfahrens. Am häufigsten verkohlt man fette, Back- und Sinterkohlen, deren Klein, namentlich das der ersteren, dann noch einen zusammenhängenden Coke giebt; man hat neuerdings aber auch passend zerkleinte aufbereitete magere Kohlen zu vercoken gelernt, welche früher werthlos waren, durch Anwendung backender Beimengungen[5]) (fette Kohlen, in England $^2/_3$ bituminöse und $^1/_3$ anthracitische Kohlen, Pech u. s. w.), durch hohen Druck in den Cokesöfen, gesteigerte Boden- und Seitenerhitzung derselben, anhaltende starke Hitze, verbesserte Oefen u. A.

Nach Vériot und Appolt[6]) lässt sich aus dem Aeussern einer Kohle nicht auf ihr Verhalten im Ofen schliessen, wohl aber aus den Resultaten einer kleinen Tiegelprobe. Bei einem Cokesertrag im Schmelztiegel von 78—83 Proc. bei 2 bis 3 Proc. Aschengehalt der Kohle ist letztere wegen Ueberschusses an Kohlenstoff halbmager und kann für sich noch behandelt werden. Bei 84—87 Proc. hat man eine anthracitische Kohle mit leicht zerdrückbaren Cokes und es bedarf zum Vercoken einer Vermischung mit fetter Kohle, welche letztere bis mindestens $^1/_4$ betragen muss, wenn bei 88—93 Proc. Cokesausbeute wirklicher Anthracit vorhanden ist. Eine in Folge eines Ueberschusses von Sauerstoff magere Kohle (S. 102) giebt nur bis 60 Proc. nicht oder schwach backende Cokes und sie kommt wegen des schwachen Ausbringens nur bei wohlfeilen fetten Kohlen mit diesen gemeinschaftlich zur Vercokung. Einen Magerkeit herbeiführenden Aschengehalt kann man in gewissen Grenzen durch Zusatz von Kalk beseitigen. Backende Steinkohlen vertragen den Zusatz anderer Substanzen (Kalk, Eisenerz, Eisenfrischschlacken, Manganerz) und kommen in diesem Zustand vercokt (Kalk-, Schlackencokes) wohl zur Anwendung.[7])

Da die Cokesbildung von den Wänden der Gefässe successive nach Innen zu stattfindet, so müssen bei der geringen Leitungsfähigkeit der

---

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 88. Bischof's Ztschr. f. Paraffin- u. s. w. Industr. 1878, No. 3 u. 5. 2) Oest. Ztschr. 1877, No. 42. 3) B. u. h. Ztg. 1877, S. 20. 4) Verschiedene Schreibweise für Cokes in Berggeist 1873, No. 94, 101. 5) B. u. h. Ztg. 1862, S. 255, 392. Pariser Ausstellungsbericht von Knut-Styffe, S. 2. Oest. Ztschr. 1861, No. 28. 6) B. u. h. Ztg. 1870, S. 209. 7) B. u. h. Ztg. 1857, S. 425; 1859, S. 107; 1865, S. 42; 1868, S. 52; 1870, S. 226.

anfangs gebildeten Cokes die Oefen bei verschiedenen Kohlen abweichende, aber genau bestimmte Dimensionen für eine vollständige Vercokung z. B. in etwas weniger als 24 Stunden haben.

b) Von der chemischen Zusammensetzung der Kohlensubstanz, welche auf das Cokesausbringen wesentlich influirt.

Nach Richters ist die Cokesausbeute um so geringer, je grösser der Gehalt an Sauerstoff und namentlich an Wasserstoff; nach Muck [1]) nimmt bei nahezu gleichem Gesammtwasserstoff (auf 1000 C) die Cokesausbeute ab mit zunehmendem gebundenen Wasserstoff resp. Sauerstoff und mit abnehmendem disponibeln Wasserstoff. Bei nahezu gleichem disponibeln Wasserstoff nimmt die Cokesausbeute nahezu proportional ab mit dem zunehmenden Gesammtwasserstoff und bei nahezu gleichem gebundenen Wasserstoff nimmt die Ausbeute ab mit zunehmendem disponibeln Wasserstoff. Kohlen von gleicher procentischer Zusammensetzung können, wie andere isomere Verbindungen, ein verschiedenes Verhalten zeigen und eine ungleiche Cokesausbeute geben. Die Cokesausbeute gut backender westphälischer Kohlen liegt zwischen 70—80, von Flamm- und Gaskohlen 70—56 und bei Sinter- und Sandkohlen über 87—93 Proc.; bei backenden Sandkohlen 61—70, backender Sinterkohle 59.5—70.8, Sinterkohle 56.4—73, gesinterter Sandkohle 50.9—69.9 und Sandkohlen 59.9—81.9 Proc., sämmtlich aus dem Saargebiet.

c) Von den aschegebenden Bestandtheilen [2]), welche die Heizkraft herabstimmen, die Vercokung beeinträchtigen, den Rost verschlacken und für das auszubringende Product schädliche Bestandtheile (Schwefel) enthalten können. Aschengehalt.

Bei einem Aschengehalt von gewisser Höhe (z. B. über 10 Proc.) entweichen nicht allein weniger, sondern auch andere und zwar kohlenstoffärmere Destillationsproducte, als beim Vercoken derselben, aber aschenärmeren Kohle, indem wasserhaltige Thonsilicate der Asche erst bei hoher Temperatur ihr Wasser vollständig abgeben, welches auf den Kohlenstoff vergasend wirkt. In solchem Falle ist es unzulässig, den Charakter einer Kohle nach dem Cokesausbringen einigermassen bestimmt feststellen zu wollen.

Ein Hauptmittel zur Verringerung des Schwefel- und Aschengehaltes der Cokes ist eine Aufbereitung [3]) der Kohlen, insofern die unorganischen Stoffe nicht einen wesentlichen Bestandtheil der Kohle bilden, sondern getrennt von derselben vorhanden sind (Schieferthon und Schwefelkies).

Die Aufbereitung besteht gewöhnlich in einem Sortiren (Sieben, Rättern) des Kohlenkleins, seltener mit directer Verarbeitung auf Setzmaschinen, als nach vorheriger Zerkleinerung zwischen Walzen (Heinitzgrube bei Saarbrücken) oder in Kaffeemühlen (Neunkirchen, Burbach). Aus den Setzsieben kommen dann die gereinigten Kohlen nochmals auf Walzen zum Ausdrücken des Wassers, zum Mengen und zur noch weitern Zerkleinerung, weil die Cokes um so dichter werden, je feiner die Kohle. Weniger üblich ist ein Verwaschen auf Herden. Desintegratoren (Burbacher Hütte) eignen sich besonders für gute Kohlen, weniger für solche mit

1) B. u. h. Ztg. 1876, S. 286. 2) B. u. h. Ztg. 1876, S. 287. 3) Citate in Kerl's Met. 1, 295. Muspratt-Kerl's techn. Chem. 3, 1089. Knapp, chem. Techn. 1, 262. Percy-Knapp, Met. 1, 165. Preuss. Ztschr. 9, 294. Berggeist 1864, No. 47, 48, 51, 61, 63; 1866, No. 27. Rev. univers. 1865, livr. 3; 1869, livr. 5 u. 6. Aeltere Pariser Ausstellungsberichte von Rittinger u. Knut-Styffe. Erkennung von Schiefer und reiner Kohle, sowie des Schwefels in B. u. h. Ztg. 1859, S. 169. Wirkung des Verwaschens auf den Aschen- u. Schwefelgehalt in B. u. h. Ztg. 1870, S. 6; 1871, S. 279. Aufbereitungskunde von Gätzschmann und Rittinger. Classirapparate in B. u. h. Ztg. 1876, S. 428. Lührig's Wäsche in Kärnthn. Ztschr. 1877, S. 204 u. Freiberger Jahrb. 1878. Evrard's Wasch- u. Sortirapparat in Dingl. 217, 374. Illinoiswerke in B. u. h. Ztg. 1873, S. 211. Französ. Methoden nach Pernollet in Ann. d. Min. No. 4 de 1872 (B. u. h. Ztg. 1873, S. 325, 383, 443). Verwaschen von Kohlenstaub in Polyt. Centr. 1872, S. 1345. Kohlenwäschen der Gesellschaft Humboldt in Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1874, S. 381. Rexroth's Wäsche in Kärnthn. Ztschr. 1873, No. 6. Evrard in Bullet. de la soc. de l'industr. minérale 1877 T. 6, livr. 3, p. 419. Stutz in Dingl. 228, 231. Lührig's Kohlenwäsche, von Kreischer, Freiberg 1878. Althans, Entwicklung der mechan. Aufber. in den letzten hundert Jahren, Berlin 1878.

lösung u. A. Alle die angegebenen Mittel zur E
nicht hinreichend wirksam zu sein, so dass es
durch Aufbereitung von Schwefelkies möglichst b

Auf die Reinheit der Cokes hat noc
fahren Einfluss, ob dabei mehr oder we
verbrennen kann oder nicht.

Grundsätze der Vercokung.

Zur Erzielung reiner Cokes bedarf's
beim Vercoken nicht oder wenig verbre
gleichmässige Beschaffenheit der Cokes su
mässige Destillation zulassende Oefen, so
Zerkleinerung der Kohlen zu erreichen, Dich
eine hohe Charge und angemessene lange
Allgemeinen verwendet man

Ofensysteme.

a) Oefen mit weitem (breitem)
Aufschüttung der Charge für die b
für Back- und Sinterkohlen, bei welch
ration der Theilchen auf hohen Druck und
Für backende Kohlen sind die Gewölbe b
als für Sinter- und minder backende Kohl
Reflectoren der Wärmestrahlen auf die ob
mässigkeit der Erhitzung unterstützen. Ma
nicht zu stark erhitzen, weil sich sonst plöt
und der sich aufblähende Coke unzersetzte
Ende des Processes giebt man scharfes Feu
tigen Bestandtheile zu entfernen. Um aus
dichten Coke zu erzielen, muss man eine la
andauernde Temperatur erhalten, oder es
Druck von oben her, z. B. durch Vermel
Aufblähung entgegengewirkt werden. Ga

deren Einrichtung besonders gegen Ende der Arbeit eine starke Erwärmung von Boden und Wandungen zulässt.

Es gehört zu dieser Abtheilung die grössere Classe der geschlossenen Vercokungsöfen, sowohl ältere ohne Heizung von Sohle und Wänden, als neuere mit solcher.

Ganz offene Oefen (Schaumburger) kommen hauptsächlich bei Vercokung von grossen Stücken gut backender Kohlen in Anwendung, Meiler bei grossstückigen sinternden Kohlen.

b) Oefen mit engen Vercokungsräumen von geringer Grundfläche und hoher Aufschüttung der Charge. Dieselben, hauptsächlich repräsentirt durch den Appolt'schen Ofen, lassen durch grosse Energie der Arbeit (kräftige äussere Erhitzung schmaler Kohlenmassen) die Vercokung aufbereiteter, stark zerkleinter magerer Kohlen [1]) zu, welche früher kaum nutzbar waren. In einem gemeinschaftlichen Rauhgemäuer aufrecht neben einander stehende rectanguläre Schächte werden von oben mit Kohlen besetzt; durch Isolirung des Rauhgemäuers von dem Kerngemäuer und durch zahlreiche Oeffnungen in letzterem ist es ermöglicht, dass die Gichtgase die Schachtwände von Innen und Aussen erhitzen. In Folge der eintretenden regelmässigen und energischen Vercokung bei hoher Temperatur entwickeln die Kohlentheilchen gegenseitig und fast gleichzeitig ihre backenden Eigenschaften und conglomeriren unter dem hohen Drucke der schmalen und hohen Beschickungssäule zu grösseren homogenen Massen. Wenig sinterndes Klein erhält einen geringen Zusatz von backendem Schlieg (wobei man ersteres immer gröber nimmt als letzteren) oder wird vor dem Vercoken gepresst. Somit erfordern die mageren Kohlen im Anfang starkes Feuer, welches gegen das Ende allmählich geschwächt wird.

In Wales vercokt man Anthracit in gewöhnlichen Oefen mit backenden Kohlen und Pech in dem Verhältniss von 60 : 35 : 5, nachdem das Gemenge im Desintegrator zerkleinert worden; in Pennsylvanien durch Vercokung von Anthracit mit gleichen Theilen Steinkohle.

Das Ausbringen an Cokes hängt hauptsächlich davon ab, ob die Luft bei der Destillation mehr oder weniger ins Innere des Ofens gelangt oder davon ganz abgeschlossen ist, ferner ob man noch Gase und Dämpfe über schon gebildete glühende Cokes streichen lässt (Rückwärtskohlung), welche denselben dann Kohlenstoff entziehen, wie die Untersuchungen von Bunsen und Playfair [2]) erwiesen haben. Es lagern aber auch kohlenwasserstoffreiche Dämpfe und Gase, z. B. Elaylgas, beim Durchstreichen der Cokes einen Theil Kohlenstoff in warziger Form und von matter, tiefschwarzer Farbe ab. Anwesenheit von Faserkohle (S. 102) erzeugt demnächst viel Lösche. Es entweichen beim Vercoken 30—32 Proc. flüchtige Substanzen mit 19—22 Proc. brennbaren Gasen und Dämpfen. Da beim Vercoken im Kleinen die Luft ausgeschlossen ist und eine Rückkohlung weniger stattfindet, so kann das Ausbringen in ersterem Falle um 20 Proc. und mehr höher ausfallen. Cokesausbringen.

1) Anthracitcokes in Wales in Kärnthn. Ztschr. 1875, No. 23, 24. 2) B. u. h. Ztg. 1848, S. 5.

Die schnelle Füllung und Entleerung der Oefen und das rasche Löschen der Cokes sind dem Ausbringen günstig. Eine Ersparniss an Arbeitslöhnen erreicht man durch Einführung der Ofenfüllung mit Hülfe von auf Wagengestellen ruhenden Trichtern an Stelle des früheren Einschaufelns (zu Duttweiler z. B. kleine Lokomobilen auf den Cokesöfen behuf des Chargirens), durch Entleerung mit Dampfschiebern statt mit Handkratzen und durch Ablöschen der Cokes mit dem Wasserstrahl statt mit dem Eimer. Sehr zweckmässig sind die Transportniveaus, dessen höchstes dem Ofendach entspricht und zum Aufgeben dient; das zweite ist das Entleerungsniveau und das dritte gestattet die Entfernung der Cokes in Wagen. Hinsichtlich der Grösse der erfolgenden Cokesstücke unterscheidet man Stückcokes, Breeze, — kleine Stücke, welche durch die Breezeschippe von 45—60 mm Stabweite fallen — und Asche oder Grude, noch kleinere Stückchen, welche von 6—7 mm Stärke abwärts durch ein Drahtsieb gefallen sind.

Mit steigendem Druck, zunehmender Temperatur, grösserer Zerkleinerung der Kohle und längerer Einwirkung der Hitze (meist nicht mehr als 48 Stunden) werden die Cokes dichter, härter und schwerer entzündlich. Auch tragen schwere Kohlenwasserstoffe, indem sie Kohlenstoff absetzen, oft mehr als Druck zur Erzeugung dichter Cokes bei, was z. B. in Appoltöfen wichtig ist, in welchen die oberen Cokes aus diesem Grunde dichter sein können, als die unteren. Die Cokes sind um so leichter und zerreiblicher, je länger die Flamme der Kohle und je rascher die Vercokung ausgeführt wird.

Schon in der Mitte des 17. Jahrhunderts wandte man in Derbyshire Cokes bei Schmelzprocessen an.

Vercokungsapparate.

Die hüttenmännischen Vercokungsapparate [1]) lassen sich — unter Ausschluss der Vorrichtungen, bei welchen die Gewinnung der flüchtigen Destillationsproducte die Hauptsache, die Cokesgewinnung dagegen Nebensache ist — in folgende Unterabtheilungen bringen:

Oefen ohne Gichtgasheizung.

I. Apparate ohne Benutzung der Gichtgase zum Vercoken selbst. Die Hitzeentwicklung findet nur durch Zutritt der atmosphärischen Luft zu den Kohlen im Apparate statt und die flüchtigen Destillationsproducte (Gichtgase) entweichen entweder unbenutzt oder werden zu Flüssigkeiten (Theer, ammoniakalisches Wasser) condensirt oder zur Heizung anderweitig (nur nicht zum Heizen der Cokesöfen selbst) verwandt, z. B. zur Dampfkesselheizung. Die hierher gehörigen älteren Apparate erfordern zum Theil Stückkohlen, zum Theil lassen sie die Anwendung von Kohlenklein zu.

A. Apparate mit beweglicher Decke und beweglichen Seitenwänden, meist nur für Stückkohlen in Anwendung.

Meiler.

1. Meiler. [2]) Dieselben erfordern keine kostspieligen Anlagen

1) Dingl. 177, 419. 430. B. u. h. Ztg. 1864, S. 48. Rittinger's Erfahrungen 1863, S. 25. Muspratt-Kerl, techn. Chem. 3, 1098. Percy-Knapp, Met. 1, 159. Kärnthner Zeitschr. 1870, 2. (Saarbrücken'sche Vercokungssysteme.) Kick's techn. Blätter 1871, S. 131. Gillon in B. u. h. Ztg. 1874, S. 241, 271. Balling, ebend. 1872, S. 156. Hupfeld in Kärnthn. Ztschr. 1874, No. 19 (Belgien). Jordan, Album du Cours de Métallurgie 1874, Taf. 1—13. Ringel, über Cokesfabrikation in Kärnthn. Ztschr. 1872, No. 7; 1873, No. 6 (B. u. h. Ztg. 1872, S. 339). Aufzug für Cokesöfen in Dingl. 218, 19. Rheingruber in Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 19, 551.
2) Muspratt-Kerl, techn. Chem. 3, 1099. Berggeist 1867, No. 32. B. u. h. Ztg. 1868, S. 215; 1870, S. 352.

und Reparaturen, sowie unbedeutende Bodenerwerbungen, haben aber den Nachtheil, dass fette Kohlen mit genügendem Stückgehalt erforderlich sind und wenig feste und wenig gleichförmige Cokes bei geringerem Ausbringen erfolgen. Eine im Ofen 75—80 Proc. Cokes gebende Steinkohle giebt in Meilern nur 60—65 Proc., weshalb sich die Anwendung letzterer nur da rechtfertigen lässt, wo die Anlagekosten sehr hoch und die Kohlenpreise sehr niedrig sind. Wegen geringerer Entzündlichkeit der Cokes bedarf es minderer Vorsicht und Geschicklichkeit, als bei der Holzverkohlung. Backkohlen geben in Meilern porösere Cokes als in Oefen wegen mangelnden Druckes. In Figur 59 bezeichnet A eine gemauerte Esse mit Zuglöchern, oben massiv

Fig. 59.



und mit Deckel verschliessbar, um welche zunächst grössere Stücke mit den Schichtungsflächen parallel in Neigung aufgestellt und darauf mittelgrosse Stücke gebracht werden, ohne dass man meist besondere Züge offen lässt, was aber zuweilen geschieht. Darauf kommen kleinere Würfelkohlen, in welchen mittelst Ziegeln horizontale Züge hergestellt werden, und zu oberst eine Lage Cokesklein. Das Anzünden des Meilers findet entweder von Aussen oder durch glühende Kohlen vom Schachte ab statt, wo dann die Cokeskleindecke erst später ganz oder vollständig aufgelegt wird; man führt auch wohl an der Sohle Zündcanäle D zum Essenschacht, welche bei B aus grossen Steinkohlenstücken, bei C dagegen aus Ziegelsteinen oder einer durchlöcherten Gusseisenrinne bestehen. Je nachdem man den Meiler von Aussen oder Innen oder auch wohl gleichzeitig von Aussen und Innen ansteckt, zeigt sich in der Esse anfangs dicker grauer, dann mit russender Flamme verbrennender Rauch und gegen das Ende nur noch ein dünner bläulicher Rauch ohne Flamme oder erst dünner, dann dicker und zuletzt wieder dünner Rauch, worauf man die Esse zudeckt, den ganzen Meiler mit nasser Lösche beschlägt, abkühlen lässt, vor dem Ziehen der Cokes Wasser in die Esse giesst und erstere dann mit Wasser löscht. Die Meiler fassen 10000—30000 kg Kohle bei 1.5 bis 2 m Höhe und $^1/_3$—1 m Essenquerschnitt. Ausbringen 60—65 Proc.

Zu Königshütte in Oberschlesien hat ein Meiler 2.823 m Radius unten, 1.883 m oben bei 1.098 m Höhe und 26.759 cbm Inhalt; Höhe der Stückkohlenschicht 0.471—0.628 m, der mittelgrossen Stücke 0 314—0.471 m., der Würfelkohlen

den horizontalen Canal ab, indem ma
des Schachtes einnehmenden Kolben sy

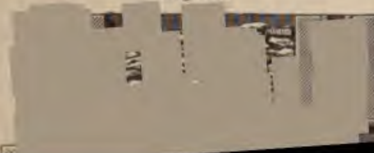
Meilercokes, aus reinen und gr
dargestellt, empfehlen sich zwar hinsicht
liche Bestandtheile leichter entweichen
und können für metallurgische Zwecke
meist eine ungleichmässige Beschaffenhei
Material nicht gleichmässig durchdringt
haft gesinterte und Conglomerate darste

Haufen. 2. Haufen. Dieselben werden äh
von 20—25 m Länge, 1—$1^1/_2$ m Höhe
stellt, indem man entweder gar keine
mit einem Canal verbundene Essen im H
einschlägt und diese dann aus dem ferti
Anzünden geschieht durch gleichzeitiges
in die Schächte. An denjenigen Stellen,
lässt, giebt man sofort eine Löschdecke,
zu verhüten, bis nach 1—2 Tagen der ga
erhalten hat, worauf man nach 3—4tägig
ziehen beginnt. Das Ausbringen ist geri

B. Apparate mit unbewegliche

Meileröfen. weglicher Decke. Die hierher gehörig
burger Oefen[3]) zeichnen sich durch
Arbeit und grosse Leistungsfähigkeit aus,

Fig. 60.



k
P
li
ir
st
t

einander liegen, eine Holzstange, stampft darüber den ganzen Raum voll angefeuchtetes Kohlenklein und giebt diesem eine Decke von Lösche oder Lehm. Nach dem Herausziehen der Holzstangen communiciren die dadurch gebildeten Canäle mit den horizontalen Canälen *b b'*, sowie den verticalen *c* und *c'* in den Ofenwänden, welche Canäle zur Einführung der Luft und zum Abzug der Gase in einer gewissen Reihenfolge dienen.

Das Anzünden erfolgt auf der dem herrschenden Winde entgegengesetzten Seite. Die Leitung des Processes beschränkt sich hauptsächlich auf die Regulirung des Luftzuges in den Canälen und derselbe ist meist nach 6—8 Tagen beendigt, worauf man unter Verschluss der Züge 2 Tage abkühlen lässt und dann Cokes aus der geöffneten Seite zieht.

Auf österreichischen Werken erfolgten neben 12—15 Proc. Kleincokes bis 45 Proc. Stückcokes, welche etwas billiger kamen als Meilercokes. In England erfolgten von 1 cbm Kohlen 500—550 kg Cokes.

C. Geschlossene Oefen. In diesen, gewöhnlich backendes Steinkohlenklein, seltener Stückkohlen verarbeitenden Oefen von backofenförmiger, viereckiger oder ovaler Gestalt (Bäckeröfen), von denen zum Zusammenhalten der Wärme häufig mehrere neben einander liegen, benutzt man zur Einleitung des Vercokungsprocesses die Hitze der Ofenwände von der vorhergehenden Charge und zur Fortsetzung und Beendigung desselben dient die durch Luftzutritt bewirkte Verbrennung der Destillationsproducte unterhalb des Gewölbes. In Folge dessen findet hier eine grössere Hitze statt, als in den übrigen Ofentheilen, namentlich als am Boden, und die Destillation geht ungleichmässig vor sich. Die Verbrennungsluft dringt entweder durch die Arbeitsthür oder Oeffnungen in derselben oder vortheilhafter durch Canäle in der Peripherie des Ofens ein. Die Destillationsproducte entweichen meist unbenutzt, wobei an 30 Proc. und mehr Heizkraft besitzender Bestandtheile verloren gehen [1]), und die Cokes werden mit der Krücke ausgezogen. Um die stark qualmigen, schweflige Säure enthaltenden Cokesofengase für die Umgebung unschädlich zu machen, lässt man dieselben wohl in einen über den Oefen liegenden gemeinschaftlichen Canal ziehen, verbrennt sie hier unter Luftzuführung und lässt sie dann in einen hohen Schornstein treten. [2]) Zur Ausnutzung der Gichtgase hat man diese Cokesöfen wohl mit anderen zu heizenden Vorrichtungen verbunden.

Wirkungsweise.

Destillationsproducte.

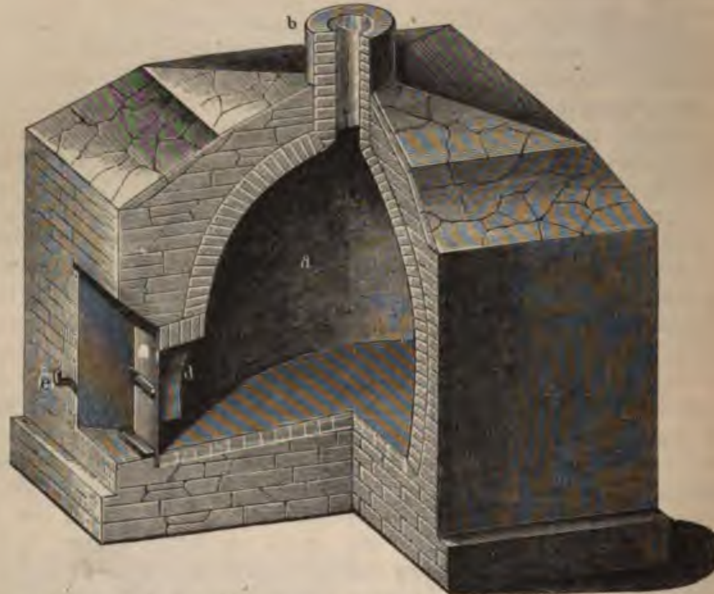
Die bei dieser Cokerei vorkommenden Operationen bestehen in dem Eintragen und Ausbreiten der Beschickung in dem noch rothglühenden Ofen zu solcher Höhe, dass sich noch Raum zum Aufblähen findet, Schliessen der Thür, wobei aus der noch offen bleibenden Gewölbeöffnung alsbald dicker Qualm austritt, Einströmenlassen von Luft, welche Kohlen und Dämpfe entzündet, Schliessen der Züge und dann auch der Esse, wenn die Flamme nachlässt und möglichst rasches Ausziehen der Cokes, damit sie nicht zu sehr verbrennen und der Ofen nicht zu kalt wird, mit einer Krücke in eiserne Karren, worin sie mit Wasser abgelöscht werden. Zur Erzielung möglichst gleichmässiger

Manipulationen.

1) Percy-Knapp, Metallurgie 1, 193, 194. 2) Muspratt-Kerl, techn. Chem. 3, 1109. Annales des mines, 6 ser. T. VII, p. 376. Eulenberg, Lehre von den schädlichen u. giftigen Gasen 1865, S. 151, 288, 522. B. u. h. Ztg. 1864, S. 217.

Arbeit zieht man einen Ofen, während der andere noch im Treiben ist. Je nachdem man bei sich aufblähenden Backkohlen den Ofen mehr oder weniger füllt, erhält man dichtere oder porösere Cokes. Fettere, stark backende Kohlen erfordern eine höhere Kuppel und grössere Gasabzüge als magere. Die in Oefen aus Stückkohlen erzeugten Cokes sind dichter und fester als Meilercokes; gewöhnlich geben dieselben Steinkohlen in Oefen 8—10 Proc. Cokes weniger als in Meilern dem Volumen nach, während dem Gewichte nach das Ausbringen wenig differirt. Das erste Anfeuern der Oefen bis zum Rothglühendwerden geschieht meist durch Verbrennung von Kohlenklein auf der massiven Ofensohle, seltener befindet sich in derselben ein Rost mit Aschenfall, welcher letztere geschlossen wird, sobald die Destillation beginnen soll (Oefen von Davis und Michaut).

Fig. 61.



1) Oefen ohne Benutzung der Destillationsproducte.[1]

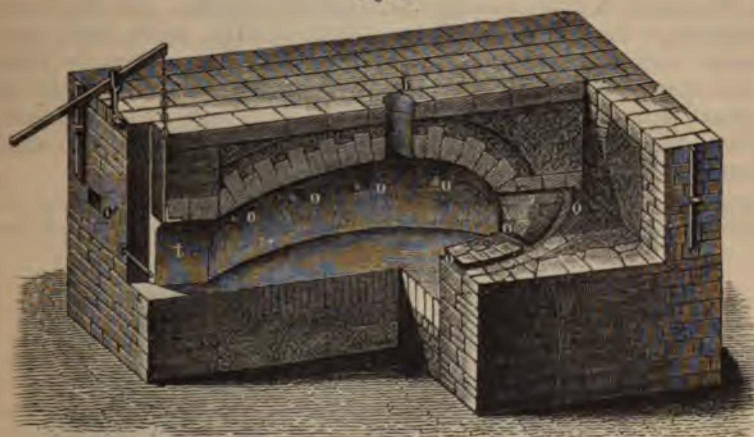
Beispiele. Fig. 61, Ofen in Riesa: *a* Vercokungsraum von 2.83 m Höhe, 3.54 m Tiefe und 2.83 m Breite mit 0.283 m weitem und 0.991 m hohem Schornstein *b*. *d* Thüröffnung von 0.85 m Höhe und Breite, mit eiserner Thür verschliessbar, in welcher bei 0.71 m Höhe über der Sohle sich vier 73 mm weite Löcher befinden. *e* Haken zum Auflegen eines Quereisens, auf welchem die Ziehkrücke ruht. 50 Dresdner Scheffel (51.95 hl), in 72 Stunden vercokt, geben feste und dichte, 24 Scheffel (24.94 hl) in 24 Stunden vercokt, leichtere Cokes.

Fig. 62. Ein auf französischen Eisenhütten und zu Saarbrücken[2]) gebräuchlicher Ofen, auf beiden Seiten der Thür *t* mit hufeisenförmigem Zugcanal *o'* versehen, aus welchem 9 Querzüge *o* in den eiförmigen Ofenraum von 2.823 m grösserem, 1.883 m kleinerem Durchmesser und 0.941 m höchster Höhe münden, bei 0,209 m weiter Esse *b*. Ein Einsatz von 1.236—1.545 cbm Kohlen bedarf zum Vercoken 20—24 Stunden Zeit.

1) Plattner-Richter's Hüttenkunde 1, 125. 2) Kärnthner Ztschr. 1870, No. 2.

Eaton[1]) legt eine Reihe keilförmiger Ofenräume mit ansteigender Sohle radial um einen Schornstein herum und leitet in die zu letzterem führenden Füchse Luft, um den Rauch möglichst vollständig zu verbrennen. Es gehören hierher auch die Oefen von Parkes und Cox.[2]) Während nach Gillon[3]) die Gestehungskosten für 1 Tonne Cokes in solchen Bäckeröfen 18.33 Frcs. betrugen, so kamen dieselben in einem Smet'schen Ofen mit erwärmten Wänden und mechanischer Entleerung auf 15.88 Frcs

Fig. 62.



2) Oefen mit Ausnutzung der flüchtigen Destillationsproducte. Häufiger benutzt man die Cokesofengase für andere Zwecke (Heizen von Dampfkesseln, Winderhitzungsapparaten, Rösten von Erzen zu Sclessin in Belgien, in Puddel- und Schweissöfen u. s. w.), als dass die flüchtigen Producte zur Abscheidung von Theer und ammoniakalischem Wasser condensirt werden. Nutzung der Destillationsproducte.

Die Zusammensetzung der flüchtigen Cokesofenproducte[4]) hat man, wie nachstehende Tabelle ergiebt, gefunden:

	a	b	c	d	e	f	g
Grubengas . . .	1.44	1.66	0.40	1.17	7.0	6.6	6.2
Kohlenoxyd . . .	4.17	3.91	2.19	3.42	1.1	1.6	6.3
Kohlensäure . .	10.13	9.60	13.06	10.93	1.1	1.1	2.3
Oelbildendes Gas .	—	—	—	—	0.7	0.5	1.6
Wasserstoff . . .	6.28	3.67	1.10	3.68	0.5	0.4	1.4
Schwefelwasserstoff	—	—	—	—	0.5	0.2	0.2
Stickstoff . . .	77.98	81.16	83.25	80.80	0.03	—	—
Ammoniak . . .	—	—	—	—	0.2	0.2	0.3
Wasser	—	—	—	—	7.5	12.4 }	16.6
Theer	—	—	—	—	12.23	9.7 }	

a—d nach Ebelmen, resp. 2, $7^1/_2$, 14 Stunden nach der Verkohlung in einem Serainger Ofen. d Mittel. e—g nach Bunsen und Playfair. e Gasforthkohle. f und g Alfretonkohle, vor- und rückwärts destillirt.

1) B. u. h. Ztg. 1862, S. 392; 1864, S. 217; 1872, S. 157. Polyt. Centr. 1862, S. 1137. 2) Percy-Knapp, Met. 1, 177, 179. 3) B. u. h. Ztg. 1874, S. 242. 4) B. u. h. Ztg. 1868, S. 5; 1851, No. 29. Percy-Knapp, Met. 1, 192.

wässerigen Dämpfe entweichen. Auch leg
zwischen zwei Reihen von Cokesöfen und
die Gase zu ersteren. [3])

Beispiele. Fig. 63. *A* Vercokungsraum von 3.138 m
a Füllöffnung, 0.471 m weit. *b* Ziehöffnung, 1

Fig. 63.

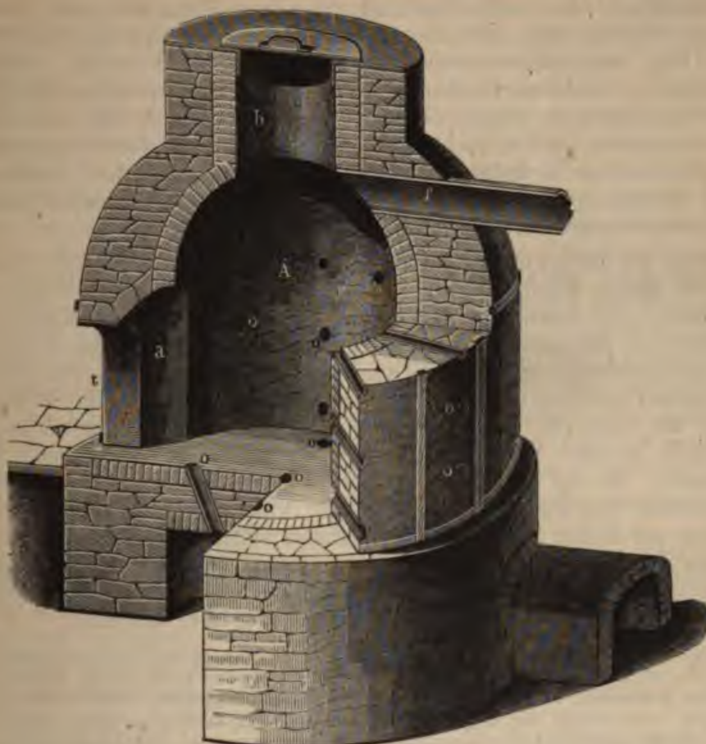


c Gasabführungscanal mit Schieber *m*, 0.314 m we
unter dem Dampfkessel *i* im Raum *d* hin, treten
befindliche Oeffnung zu dem Siederohr *k* und z
6000 kg Kohlen liefern in 96 Stunden 40 Proc. G

Zur Mathildenhütte bei Harzburg benutzt
Winderhitzungsapparate, die Eisenhohofeng
wodurch der störende Zusammenhang zwischen
gehoben ist. [4]) Aus Davis und Michaut's O
seitlich unter den Dampfkessel, welcher gleichzeitig
rend des Ausziehens der Cokes dem Kessel die erf
Ein Rost in der Sohle des Ofens dient

A Vercokungsraum von 1500—2000 kg Fassungsraum, mit Zuglöchern *o* versehen, in welchen sich durch Stöpsel verschliessbare eiserne Röhren von 39 mm Weite befinden. Beispiel.

Fig. 64.



Das Anfüllen des Ofens geschieht durch die verschliessbare Oeffnung *a* und den mit einem Deckel versehenen Schlot *b*. Nach dem Anzünden durch eine auf der Sohle gelassene Zündgasse schliesst man die Thür *t* dicht und öffnet allmählich die Register von unten nach oben hin, bis nach 36—40 Stunden die Operation vorüber ist, während dessen die flüchtigen Destillationsproducte durch *f* in die Condensirvorrichtungen gelangen. Nach 12stündiger Abkühlung schreitet man zum Kohlenziehen.

II. Apparate mit Benutzung der Gichtgase zum Vercoken. Durch Benutzung der Gichtgase vom Vercoken zur Heizung der Sohle und Wände der Oefen selbst, denen man gleichzeitig zur gleichmässigeren Vertheilung der Wärme im Vercokungsmaterial kleinere Dimensionen giebt und mehrere derselben meist zu einem Systeme vereinigt, sind im Vergleich zu den alten Oefen wesentliche Vortheile erzielt; das Ausbringen an Kohlen, in letzteren meist nicht über 52 Proc., hat man in ersteren bis auf 80 Proc. steigern können, die geringeren Dimensionen gestatten die Erzielung einer gleichmässigeren Hitze, die Verkohlung wird beschleunigt, sonst schwer backende Kohlen lassen sich, da man die Hitze ohne Kohlenverlust durch Verbrennen

Oefen mit Gichtgasheizung.

Vorzüge dieser Oefen.

und Gruppirung immer mehr Anwendung
gar viele von wechselndem Werthe; die A
völlig überein, welches die beste Constr
sind hierbei von wesentlichem Einflusse.

Dimensionen.

Was die **Dimensionen** dieser Oefe
ziemlich wenig Einfluss und spielt nam
Verfahren zum Ausziehen der Cokes. V
die **Breite**, namentlich auf das Ausbring
und die Gleichmässigkeit und Dichtigkeit
nach dem Chargiren stark zu erhitzende
ringer sein als bei fetteren, welche let
sind und bei der Vergrösserung des Vol
schädigen. Da bei dem in den meisten Fä
Luftzutritte ins Innere des Ofens eine V
sächlich am Boden und unter der Haube
bringen um so grösser ausfallen, je klein
Masse sind, woher bei gleichem Volume
sche) ein grösseres Ausbringen haben, als

Die **richtige Breite der Oefen** giebt sic
Mitte der fertigen Cokes zu erkennen. Während
wärmung besonders von der Sohle aus und oben
derungen — in Folge der ungleichen Spannungen
auf der Sohle aufstehen, so liegen diese Absonder
Ofenwandungen zugeführter Wärme horizontal. In
langen Seite immer eine scharfe Trennung, inden
Ofenwände geltend macht, und es lassen sich d
Stücken gut ausschieben. Bei zu grosser Ofenbr
der Mitte nur ungenügend, bei zu geringer Weite
Seiten zu sehr übereinander und die Cokes zerfal
Falle gleichzeitig das Ofengewölbe nicht genügen
Oberfläche der Cokeslage lockere Kohlentheilchen
setzung der von der Gewölbemauer herabtropfend
einer mehr gefritteten mittleren Kohlenpartie ab.

a) Chargiren, entweder durch die Seitenthüren (Ziehöffnungen) mittelst Schaufeln oder schneller auszuführen durch Oeffnungen im Gewölbe, deren mit Oesen versehene Deckel rasch mittelst auf einem zweirädrigen Wagen befindlichen Hebels aufgehoben werden können, worauf aus einem Hunde das Chargiren, sodann das Vertheilen der Charge und Bedecken der Oeffnungen erfolgt (Oefen von Appolt, Coppée, Laumonier, Jacobi'sche Oefen zu Kladno).

b) Regulirung des Luftzutrittes während der Destillation.

c) Das Entleeren der Oefen von glühenden Cokes, entweder mit Haken oder mit durch Menschenhand oder Dampf bewegten maschinellen Vorrichtungen (Cokesauszieh- und Auspressmaschinen [1]), welche letzteren eine schnellere und bequemere Arbeit und in Folge dessen ein minderes Verbrennen der glühenden Cokes zulassen, dagegen die Ofenwände mehr angreifen. Während bei Ausziehmaschinen einthürige Oefen zulässig sind, erfordern die Auspress- oder Druckmaschinen Oefen mit gegen einander überstehenden Thüren und empfehlen sich vor jenen durch rasche Arbeit und mehr Schonung des Werkzeuges. Derartige maschinelle Vorrichtungen sind nur bei liegenden Oefen anwendbar; bei den stehenden (z. B. von Appolt) und geneigten (von Pauwell) findet das Entleeren durch das eigene Gewicht der Cokes statt, und zwar bei Pauwell's Oefen in einen mit demselben communicirenden Kühlraum, bei Appolt's Ofen in mit Deckel unter Wasserverschluss versehbare Eisenwagen, die von aussen noch durch Wasser gekühlt werden können.

d) Das Löschen der Cokes, seltener durch Sand und Asche als durch Cokesklein, meist durch Wasser (S. 120), welches entweder mit Eimern auf die Masse gegossen oder mittelst eines Lederschlauches aufgespritzt wird; auch werden auf belgischen Werken [2]) die Cokes mittelst Dampfkrahnes in Wasser eingetaucht. Letzteres Verfahren kostet zwar weniger Arbeitskraft als ersteres, ist aber kostspieliger und zeitraubender. Auf englischen Werken [3]) erfolgt wohl das Ablöschen mit Wasser innerhalb des Ofens durch Einspritzen, wodurch nebst vollständigerer Entschwefelung (S. 120) eine Verringerung des Abbrandes erzielt werden soll.

Mit Wasser abgelöschte Cokes sind reiner als mit Sand oder Asche gedämpfte, zeigen ein schöneres silberglänzendes Ansehen und das Verfahren erfordert weniger Zeit und Raum; dagegen tritt aber leicht der Nachtheil einer Gewichtsvermehrung durch Wasseraufnahme ein. [4]) Es findet bei genügender Wasserzuführung durchschnittlich eine Gewichtszunahme von 6 Proc. statt, und zwar nimmt die dichtere Mittelschicht nicht mehr als 1.5 Proc., die porösere Kopfschicht bis zu 120 Proc. und die Fussschicht bis zu 13 Proc. davon auf. Kalt ins Wasser geworfene gedämpfte Cokes binden nicht $^1/_3$ so viel Wasser, als im glühenden Zustande mit Wasser abgelöschte. Seltener lässt

---

1) Berggeist 1861, No. 93. B. u. h. Ztg. 1863, S. 284; 1864, S. 217; 1870, S. 31, 311. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. Bd. 6, 1862. v. Kerpely's Ber. 3. 37. Muspratt-Kerl, techn. Chem. 3, 1116, 1119. Percy-Knapp's Met. 1, 185. Studienreise der Studirenden der Berlin. Gew.-Akademie S. 152. Sammlung von Zeichnungen für die Hütte 1861, No. 2ab. Auszieh-Maschine von Washington in B. u. h. Ztg. 1873, S. 177. Stanier's Ausziehmaschine in Polyt. Centr. 1870, S. 749. Odenbach ebend. 1874, S. 86. 2) Bullet. de la soc. de l'industr. minér. livr. 1 de 1876, p. 45. 3) Oest. Ztschr. 1866, S. 172. 4) Oest. Ztschr. 1867, S. 65.

Breite, ein Ausbringen, welches dem i
oder stehenden Oefen von Appolt
wiefern die Breite der Oefen einen Einfl
ist bereits (S. 130) erwähnt. Die steh
grösseren Niveauunterschied. In gene
sonst mit Hindernissen verbundene Fortlei
horizontalen Heizcanälen vermeiden, so w
von selbst erreichen wollen (Pauwell's
fabrik in Paris).

Ein- und zweithürige Oefen.

2) Nach der Thürenanzahl. Ei
von Fromont, Gendebien, Coppée, S
thürig die Oefen von Talabot (die ein
andere, was eine besondere Druckmaschine
Appolt, François oder Rexroth, Jac
thürigen Oefen können im Vergleich zu zwe
bringen haben, weil während der Zeit des
darin stattfindet.

Luftzuführungsarten.

3) Nach der Art der Luftzuführu

Luftzutritt in die Aussencanäle.

a) tritt die Luft nicht in den Vercok
den Gichtgasen in den Canälen zwischen
dessen das Ausbringen das höchste zu e
öfen). Zuweilen werden die flüchtigen
Abkühlung in nutzbare flüssige und ga
schieden.

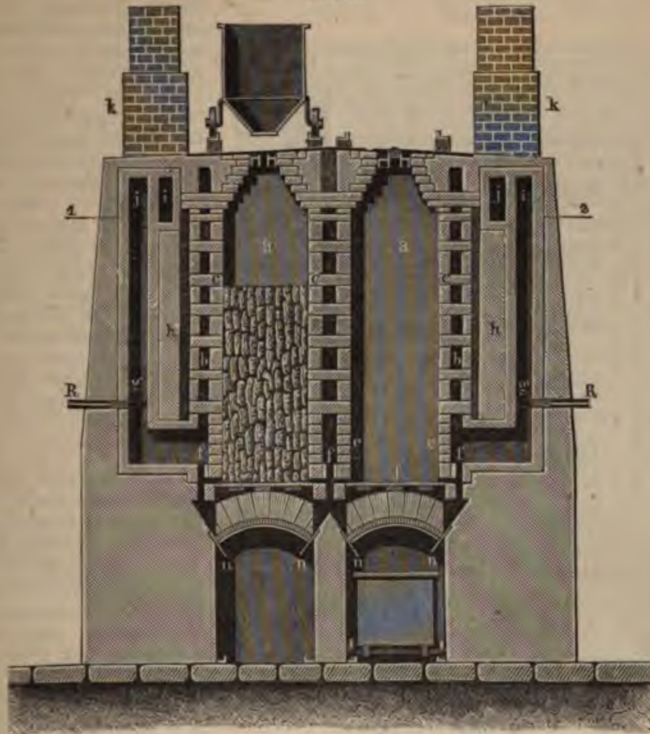
α) Oefen ohne Condensation
stanzen.

Beispiele.

Appolt's Ofen[3]) (Fig. 65, 66) mit vertical
entleerung durch das eigene Gewicht der Cokesma
vierseitige Schachtöfen von 4 m Höhe, 0.45 m mit
0.06 m einwärts geneigten Wänden), 1.24 m Läng
gemeinschaftlichen Rauhgemäuer und mit Canälen

also im Ganzen 12 Canäle, deren untere horizontalen Theile in *b* münden, während die folgenden Theile derselben senkrecht und jeder mit einem Register *R* versehen sind. Die drei von unten aufwärts gehenden Canäle münden in denselben horizontalen Canal *i* aus, während die drei von oben ausgehenden in einen zweiten, ebenfalls

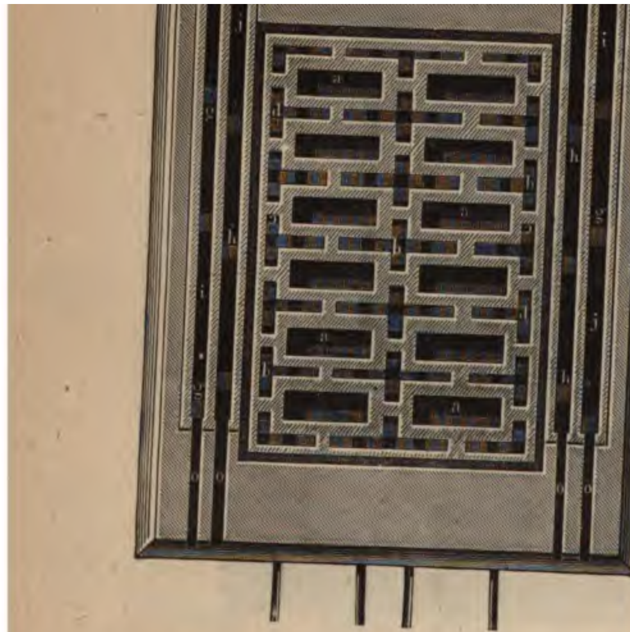
Fig. 65.



horizontalen Canal *j* [1]) auslaufen, welcher neben dem ersteren sich befindet und mittelst einer Wand aus feuerfesten Ziegeln davon getrennt ist. In 1 m Höhe über ihrer Sohle vereinigen sich beide horizontale Canäle in eine Zugesse *k*, welche sich noch 4 m über diesen Vereinigungspunkt erhebt. Die stark zusammengezogene Gicht besitzt einen durch eine Eisenplatte verschliessbaren Schlitz zur Aufnahme der Kohlen aus einem darüber auszustürzenden Wagen und die Sohle eine gusseiserne Thür *l*, welche vor der Vercokung mit Asche und Cokeslösche bedeckt wird und beim Oeffnen nach vollendeter Vercokung den Inhalt des Ofens über den Abrutschflächen *n* hin in Wagen gleiten lässt, welche zum Dämpfen der Cokes mit einem Deckel unter Wasserverschluss versehen und auch wohl durch Benetzen der Wände gekühlt werden. Man regulirt den Luftzug während der Destillation so, dass die Temperatur anfangs steigt, dann wieder abnimmt. Eine Charge von 1350 bis 1400 kg pro Kammer ist in 24 Stunden vercokt, bei einem Ausbringen von 64—66, selbst 68 Proc. sehr fester Cokes.

Zu Mahlstadt bei Saarbrücken (früher Dupont und Dreyfuss) findet das Ablöschen der Cokes in den Wagen statt, worauf dieselben ausgestürzt, in neue Wagen geladen und diese mittelst Krahns über Eisenbahnwaggons gehoben werden, wobei sich die Wagen in der Mitte öffnen und die Cokes herausfallen lassen. In Belgien (Marihaye, Seraing) sind die Oefen 4.50 m hoch, Querschnitt oben

1) Die Buchstaben i und j sind in der Figur verwechselt.



rascher Entleerung und Füllung und gleichzeitiger I
erfüllt, aber die Nachtheile der höheren Anlagsko
guten horizontalen Oefen nicht proportional sind, die s
eignetem Terrain (sie erfordern einen disponibeln Nive
die mindere Tauglichkeit derselben zur Vercokung st
Schwierigkeit der Reparaturen (es kann keine Kan
hängig reparirt werden, ohne den ganzen Ofen kalt zu
Einführung dieser Oefen entgegengewirkt. Nach G
lagekosten pro Tonne nicht

β) Oefen mit Condensation der flüchtigen Substanzen.

Beispiele.

Knab's Ofen [1]) entlässt die Destillationsproducte in einen Condensator, aus welchem die Gase auf einen mit glühenden Kohlen versehenen Rost unter dem Cokesofen treten und dessen Boden und Wände erhitzen. — Zu St. Etienne [2]) ist diese Vorrichtung verbessert durch Anbringen eines Exhaustors zwischen Ofen und Gasrecipienten. — Dem Knab'schen ähnlich ist Penelot's Ofen [3]) eingerichtet, welcher ein Ausbringen bis 69 Proc. gestattet. — Benut und Renant's Ofen [4]) liefert gute Cokes und Nebenproducte.

Luftzutritt in den Vercokungsraum.

b) Es findet ein Luftzutritt in den Vercokungsraum statt, die entwickelten Destillationsproducte verbrennen hier und die heissen Verbrennungsgase erhitzen dann Boden und Wände des Ofens. Zuweilen benutzt man die von hier abgehenden Gase noch anderweitig (z. B. zum Eisenerztrocknen bei Gobiet's Ofen [5]), zum Erhitzen von Gebläseluft [6]) bei François' Ofen, von Dampfkesseln bei Fromont's Ofen [7]), zum Trocknen von Ziegeln [8]) u. s. w., oder man leitet sie, jetzt sauerstoffarm, in den Cokesofen zurück (System von Claridge und Ropes, von Dupré [9]).

Modificationen.

Die hierher gehörigen, neuerdings am häufigsten angewandten Oefen unterscheiden sich hauptsächlich durch die Art der Flammenleitung und die Anordnung der Züge, auch die Combination der Vercokungsräume unter einander, was einen wesentlichen Einfluss auf die Dauer, Kosten und Unterhaltung der Oefen, auf die Ausnutzung der Wärme und das Cokesausbringen hat. Die Cokesmasse spaltet sich in an der Sohle geheizten Oefen in zwei Theile, eine untere dünnere (Fuss) und eine obere mächtigere, dadurch hervorgebracht, dass die Kohlen von oben und unten zuerst verkohlen und von der Mitte nach beiden Richtungen hin schwinden.

Ofenheizung mit eigenen Gasen.

α) Oefen, durch ihre eigenen Gase geheizt. Seltener werden die Cokesgase durch Oeffnungen in der Hinterwand nur allein unter die Ofensohle geleitet [10]) (Oefen von Marsilly und Jones, letzterer mit Zuführung von erhitzter Luft in den Vercokungsraum), als gleichzeitig zur Boden- und Wändeheizung benutzt. Von letzterer Einrichtung sind die meisten der neueren Vercokungsöfen.

Beispiele.

Haldy's Ofen [11]) hat in den Seitenwänden verticale Züge, in horizontale unter der Sohle mündend, von wo die Gase in den Hauptcanal und von dort in eine gemeinschaftliche Esse ziehen. Es findet eine theilweise Luftzuführung in die Gascanäle statt. Jeder Ofen heizt seine eine Seitenwand und nur der an dem einen Ende befindliche zwei Wände. Oefen zu Saarbrücken von 7.541 m Länge, 1.255 m Breite und 1.177 m Höhe fassen 6500—7500 kg Kohlen, welche bei 59 Proc. Ausbringen in 48 Stunden gaar sind. Da die in die Seitencanäle tretenden Gase Wege von verschiedener Länge zurücklegen müssen, so ist, was ein Uebelstand, die Heizung der Seitenwände eine ungleichmässige.

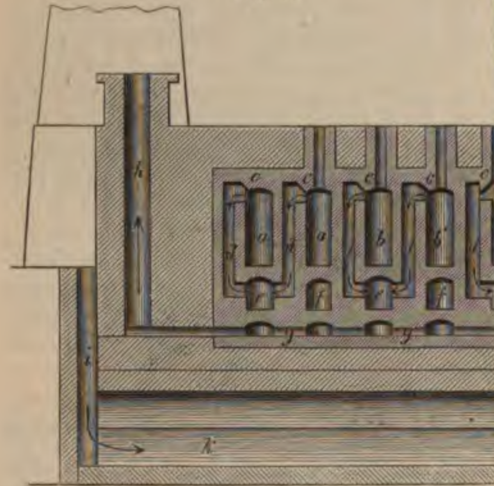
François' oder Rexroth's Ofen [12]) hat keine verticalen, sondern nur zwei horizontale Canäle, deren oberer durch quadratische Oeffnungen die Gase aus dem Innern des 7.541 m langen, 0.941 m breiten und 1.464 m hohen Ofens aufnimmt. Ein Einsatz von 4500 kg liefert in 48 Stunden 60 Proc. Cokes. Die Erwärmung

1) B. u. h. Ztg. 1860, S. 371; 1864, S. 225. Bullet. de la soc. de l'industrie minérale B. 14, Lief. 1. 2) B. u. h. Ztg. 1863, S. 282. 3) v. Kerpely's Ber. 2, 67. Dingl. 197, 411. 4) Dingl. 197, 411. 5) B. u. h. Ztg. 1862, S. 329. Kupelwieser u. Schöffel's Kohlenreviere von Ostrau u. s. w. Wien 1870, S. 25. 6) Berggeist 1865, No. 49. 7) B. u. h. Ztg. 1864, S. 101. 8) Michaëlis, die hydraulischen Mörtel. 1869, S. 150. 9) Knapp, chem. Techn. 1, 281. 10) Dingl. 154, 173. Knapp, chem. Techn. 1, 278. Percy-Knapp, Met. 1, 181. 11) B. u. h. Ztg. 1865, S. 103. Berggeist 1864, No. 89. Kärnthner Ztschr. 1870, No. 2. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 19, 551. 12) B. u. h. Ztg. 1860, S. 83, 424; 1862, S. 239; 1864, S. 218, 225; 1865, S. 103; 1866, S. 76. Berggeist 1861, No. 91; 1864, No. 89. Kärnthner Zeitschr. 1870, No. 2. Sammlung von Zeichnungen für die Hütte 1860, No. 19; 1865, No. 10. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 19, 551.

Seite in einen horizontalen Canal, von wo sie un
einem verticalen Canal aufsteigen und durch ein
Oefen hinziehenden Canal abgeleitet werden. Be
Oefen die Hälfte Ersparung an Arbeitslohn geg
ein Ausbringen bis zu 75 Proc. und mehr geben.

Bei den Oefen von Talabot[2]), Fabry[3]) u
Gase aus zwei Oefen zur Erhitzung von Boden
Westphalen rechnet man die letzteren Oefen

Fig. 67.



in den Canal k und steigt aus diesem in engeren
0.45 m, Höhe 1.20 m. Die Eigenthümlichkeiten de
passende Canalanlage zur Behandlung wenig fetter
doppelte Luftzuführung, welche ein Rauchen verh

2000 kg in 24 Stunden, Kosten der Anlage incl. Ausdrückmaschine, Anheizung und Inbetriebsetzung pro 1000 kg etwa 1400 Mark.

Laumonier's Ofen[1]) besteht aus 24 radial um einen Schornstein gruppirten Vercokungsräumen, durch keilförmige Mauern von einander geschieden, welche im vordern stärkeren Theil 2 Reihen, im hintern schwächeren 1 Reihe Züge besitzen. In diesen fallen die Gase zu beiden Seiten vertical herunter, gehen nach der Peripherie, sodann, durch eine mitten unter dem Ofen liegende Zunge getrennt, unter die Sohle nach dem sie vereint in die Höhe führenden Zuge, welcher gleichzeitig die Rückwand des Ofens heizt. Der Ofen soll eine geringe Abkühlung erleiden und in Folge dessen nur wenig Reparaturkosten erfordern, auch das Ausziehen der Cokes leicht geschehen lassen bei hohem Ausbringen (auf Zeche Pluto bei Herne, ferner bei Langendreer 80 Proc. Ausbringen bei 1800–2500 kg Charge und täglicher Entladung von 4 Oefen).

Mánkowsky's Ofen[2]) mit Zügen an Seite und Sohle soll zu Fünfkirchen gute Resultate ergeben haben.

Ofenheizung mit Gasen der benachbarten Oefen.

β) Oefen, deren Gase sie wechselseitig heizen. Die Gase aus dem einen Ofen erhitzen durch Eintritt in dessen Umhüllung jedesmal den daneben befindlichen Ofen. Entweder liegen die Oefen paarweise über einander (Oefen von Fromont[3]) und Bourg), oder über zwei unteren steht ein Ofen mitten darüber (Gendebien[4]), oder je zwei Oefen stossen mit dem Rücken zusammen (Smits[5]), Dulait[6]), letzterer Ofen mit Zuführung heisser Luft in die Zwischencanäle, was in allen drei Fällen zu einer kostspieligen und wenig dauerhaften Construction führt. Bei den ähnlichen Fabry'schen Oefen dringen die Gase nicht nur durch die Gewölbeöffnungen, sondern auch durch Fugen in den langen Seitenwänden in die Zwischencanäle ein. Man zieht im Allgemeinen die Heizung eines Ofens durch seine eigenen Gase der Heizung eines anderen von denselben vor, weil in letzterem Falle leicht zwei verschiedene Cokessorten entstehen und bei eintretenden Reparaturen des einen Ofens der nächst folgende und allmählich dann auch die übrigen eine Abkühlung erleiden.

Von den hierher gehörigen Oefen hat hauptsächlich der Smet'sche[7]) eine allgemeinere Anwendung gefunden.

Beispiele.

Smet's Oefen (Fig. 68). Die Gase ziehen durch eine Oeffnung im Gewölbe in dem Längscanal o hin, dann in dem Canal p wieder her und gelangen aus diesem unter die Sohle und auf Schlangenwegen in die Esse, wobei eine sehr vollständige Verbrennung der Gase stattfindet. Jeder Ofen erwärmt somit die rechte Seite des nächsten. Als Vortheile dieser Oefen gelten: die Gasabführung im Gewölbe, so dass dieselben bis dahin besetzt werden können, eine verhältnissmässig kurze Vercokungsdauer wegen geringer Breite und grösserer Höhe, gute Qualität der Cokes, Einfachheit und Dauerhaftigkeit. Im Saarbrück'schen erhalten Oefen von 4.079 m Länge, 0.628 m Breite und 1.098 m Höhe Einsätze von 2250 kg, welche in 24 Stunden 62–63 Proc. Cokes geben. Oefen von 7 m Länge, 0.65 m Breite und 1.60 m Höhe verarbeiten in Belgien (Ougrée, Seraing, Grevignée) Chargen von 40–50 hl in 24–36 Stunden.

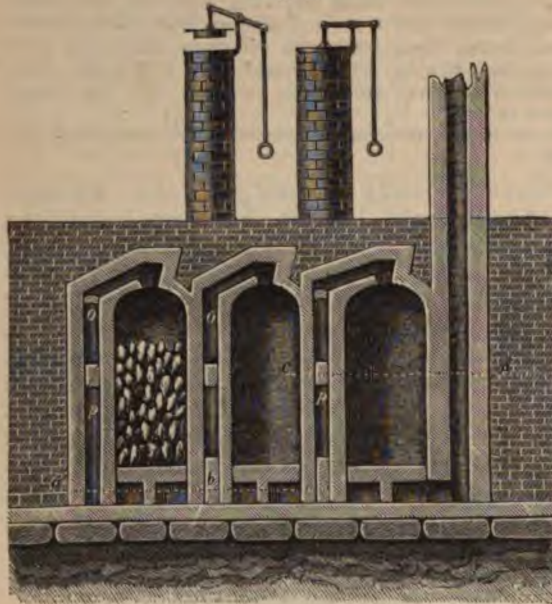
In ihrer Herstellung etwas theuer wegen Erfordernisses von meist Chablonensteinen geben sie z. B. auf Burbacher Hütte das hohe Ausbringen von 68 Proc. Ein Ofen kostet etwa 934 fl. österr. Im Saarbecken hat der Smet'sche ein günstiges Urtheil erhalten, ist aber noch der Verbesserung fähig durch zweckmässige Luftzuführung in die Gascanäle und möglichst guten Abschluss des eigent-

---

1) Oest. Ztschr. 1866, S. 172. B. u. h. Ztg. 1872, S. 157. 2) Oest. Ztschr. 1859, No. 29. 3) B. u. h. Ztg. 1864, S. 101, 125. Kärnthn. Ztschr. 1870, No. 4, S. 147. 4) B. u. h. Ztg. 1864, S. 125. 5) B. u. h. Ztg. 1864, S. 155. 6) B. u. h. Ztg. 1864, S. 157; 1874, S. 242. Kärnthn. Ztschr. 1874, S. 292. 7) B. u. h. Ztg. 1864, S. 224; 1865, S. 103; 1874, S. 242. Berggeist 1864, No. 89, Muspratt-Kerl, techn. Chem. 3, 1120. Kärnthn. Ztschr. 1870, No. 4; 1874, No. 19, 20. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 19, 551.

lichen Vercokungsraumes. In Belgien hat man zur Verminderung der Brechungen der Flamme, die das Mauerwerk mehr angreifen und eine schwierige Reinigung der Züge veranlassen, Aenderungen in der Canalanordnung getroffen, aber es weicht der Smet'sche Ofen hier immer mehr anderen Constructionen, namentlich denen von Dulait, Coppée und Appolt.

Fig. 68.



Fromont's Ofen besteht aus zwei übereinanderliegenden Ofenräumen, wobei die Gase aus dem unteren Raume zuerst in die Seitencanäle der Ofenwand des oberen Herdraumes aufsteigen und von da gemeinschaftlich mit den Gasen des oberen Ofens bis unter die Sohle des darunter liegenden Ofens hinabgeführt werden. Dieses Ofensystem, z. B. zu Hirschbach im Saarbecken ausgeführt, liess trotz der complicirten Gasführung nicht die davon erwarteten Hitzgrade erzielen, erforderte bedeutende Herstellungskosten bei geringer Dauer und wurde deshalb bald gänzlich abgeworfen.

Das System Dulait bildet Gruppen von je 2 Oefen, die sich gegenseitig wärmen, indem die Flamme von oben in einen verticalen Canal tritt, daraus direct unter die Sohle zieht und hier in einem Hauptcanal circulirt, an dessen Enden sich der Strom in einen Zug zu jeder Seite des Hauptcanals theilt. Am Ende dieser Züge steigt die Flamme wieder in die Wände empor, wo jeder der 4 Ströme einen Zickzacklauf macht, ehe er sich in die Esse mit 4 Abtheilungen begiebt. Länge des Ofens 7 m, Breite 0.75 m, Höhe 1.15 m. In Belgien sind die Smet'schen Oefen mehrfach von den Dulait'schen verdrängt, letztere erfordern allerdings höhere Anlagekosten, aber weniger Reparaturen, verarbeiten wegen heisseren Ganges grössere Chargen, geben ein höheres Ausbringen und eignen sich namentlich für halbfette Kohlen und solche von geringerer Qualität.

Eigenschaften und Zusammensetzung der Cokes.

Je nach der Beschaffenheit der Steinkohlen, der Art der Vercokung u. s. w. erscheinen die Cokes porös und leicht, dicht und schwer, mürbe und zerreiblich oder hart und fest, bald tief dunkelgrau, matt und glanzlos, bald silbergrau und lebhaft metallglänzend, bei grösserem Schwefelgehalt in Regenbogenfarben spielend. Für metallurgische Zwecke eignen sich besonders dichte, schwere, homogene Cokes mit glatter glänzender hellgrauer Oberfläche, flachmuschliger und nicht zu grossporiger Bruchfläche bei möglichst geringem Aschengehalt. Die Festigkeit giebt sich am Klang zu erkennen. Dieselben enthalten durchschn. bis 93 C, 0.3—0.5 H, 2—2.5 O und N, 3 bis 5 Asche und 5—10 hygroskopische Feuchtigkeit. Der Aschengehalt schwankt zwischen 1—30 Proc.; Cokes mit mehr als 10—12 Proc.

Asche gehören schon zu den schlechteren. Die Zusammensetzung der Asche gleicht der der Steinkohlen [1]) (S. 105); von ihrem Schwefelgehalt war bereits (S. 105) die Rede. Nach Alberts [2]) beträgt der z. B. für Bessemerroheisen nicht zu übersehende Phosphorgehalt gewöhnlich 0.0025—0.05 Proc. In Stücken wiegt poröser Coke 350—400 kg pro 1 cbm, dichter 400—450 kg. Richtig gelöschte Cokes enthalten 2—3, höchstens 5—6 Proc. Wasser (S. 131), welches beim Lagern in trockner Luft etwas abnehmen, beim Lagern im Freien bei Regen aber auf 18—20 Proc. steigen kann. Andauernd unter Wasser aufbewahrt, nehmen die Cokes bis 25 Proc. und mehr Wasser auf. [3])

Nach Parry [4]) entliessen Cokes im Vacuum erhitzt bis 72.5 Volumproc. Gase, vorwaltend Kohlensäure, dann Kohlenoxyd, Wasserstoff und Spur Stickstoff. Cokes sind weniger leicht (bei Rothgluth) entzündlich und verbrennlich, als Holzkohle und ein isolirtes Stück erlischt schnell. Bei Anwendung von stark gepresstem Wind verbrannt, entsteht eine höhere Temperatur, als bei Holzkohlen (S. 84).

Absoluter Wärmeeffect nahezu 8000 Calorien. Die Cokes reduciren 22—30 Proc. Blei. Nach Brix lieferte 1 Thl. getrockneter und ungetrockneter Cokes resp. 7.81 und 7.34 Thle. Dampf aus Wasser von 0°. Wärmeeffect.

44. Verbrennungsvorrichtungen für feste Brennstoffe. Die Construction derselben variirt je nach dem Zwecke des auszuführenden Processes (Glühen, Schmelzen, Reduction, Oxydation u. s. w.), nach localen Bedingungen (Arbeitslöhne, Brennmaterialpreise u. s. w.) u. A. und lassen sich im Allgemeinen unterscheiden: Verbrennungsvorrichtungen.

A. Constructionen, bei denen das Brennmaterial in unmittelbarer Berührung mit der zu erhitzenden Substanz ist. Dieselben gestatten eine bessere Ausnutzung des Brennmaterials bei vorwaltend reducirender Wirkung, es können aber Unreinigkeiten im Brennstoff schädlich auf das Product wirken. Je nach der erforderlichen Hitze geschieht die Verbrennung

1) durch Zugluft für niedrigere Temperaturen (Glühetemperaturen), z. B. zum Auflockern fester Körper (Eisenerze, Zinnerze) oder zur Entfernung flüchtiger Bestandtheile (Rösten von Schwefel-, Antimon- und Arsenverbindungen), indem man die Substanzen entweder nur auf einer Unterlage von Brennmaterial erhitzt (Rösten schwefelhaltiger oder kohlehaltiger brennbarer Substanzen — Schwefelmetalle, Kohleneisensteine — in Haufen oder Stadeln) oder dieselben lagenweise mit Brennmaterial geschichtet in Haufen, Stadeln oder Schachtöfen erhitzt (nicht brennbare Substanzen, wie Eisenerze, Galmei u. s. w.). Zuweilen genügt es bei Materialien, welche erhitzt von selbst fortbrennen (schwefelreiche Erze), die Schachtöfenwände durch kurze Unterhaltung eines Feuers glühend zu machen, wo dann die hineingebrachten Erze von selbst fortrösten (Kilns, Kiesbrenner). Selten und nur bei sehr leichtschmelzigen Verbindungen dienen mit Zugluft gespeiste Vorrichtungen zum Schmelzen (spanischer Bleiofen, Saigerherde).

Beispiele für derartige Constructionen finden sich im 4. Abschnitt „Hüttenapparate“ in dem Capitel Herd- und Schachtöfen.

---

1) Richters, Untersuch. d. Steink. in Preuss. Ztschr. 19, 87. Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 89. 2) Grothe's polyt. Ztg. 1877, No. 32. B. u. h. Ztg. 1877, S. 324. 3) Polyt. Centr. 1866, S. 1447. Knapp, chem. Techn. 1, 292. 4) Dingl. 204, 470.

Brennmaterials in Berührung m
Substanz ist. Die entwickelte Hitze
bei A ausgenutzt, es findet eine mehr o
duct statt und eine geringere Verunreini
liche Bestandtheile des Brennstoffes (nu
entwickelte schweflige Säure). Billiges r
besonders diese Feuerungsmethode. Die
und nur unvollkommen auf einer solide
z. B. bei mit Gras und Heide befeuerte
als auf einer aus Stäben mit Zwischen
(Rost) statt, durch welche erstere die
zum Brennstoffe dringt.

Im Gegensatz zur Gasfeuerung liegt die Entw
dener brennbarer Gase hier nahe bei einander, wo
steten Schwanken unterworfen ist, indem, wenn
die rauchfreie Gluth der abgeschiedenen Kohle er
neuen Brennstoffs sinkt und die Communication d
schicht erschwert wird, was zur Rauchbildun
ratur eine gewisse Grenze nicht überschreiten l
Feuerung, vom Standpunkte der Brennstoffökonon
besonders eignet, wo nur ein intermittirender Bet
um Erzeugung aussergewöhnlich hoher Temperat
Rosteinrichtungen wird im 4. Abschnitt „Hütten
getheilt werden.

C. Constructionen, bei welche
(Tiegel, Röhre, Retorte, Muffel u.
Substanz beim Erhitzen mit dem B
in Berührung kommt. Hierbei find
nutzung statt und man wählt deshalb so
wo das Product bei directer Einwirkung
Flamme unerwünscht verändert werden wü
Rösten von Arsenkies, Destillation von Z

Apparates zur Untersuchung der Rauchgase auf ihren Gehalt an brennbaren und unbrennbaren Gasen, eines Pyrometers, z. B. von Siemens, zur Ermittlung der Temperatur (S. 88), eines Anemometers zur Messung der Geschwindigkeit der Rauchgase, sowie der den Ofen passirenden Luftmenge und eines Zugmessers [1]) zur Feststellung der Stärke des Luftzuges.

C. Gasförmige Brennmaterialien.

Entstehung.

45. Allgemeines. [2]) Brennbare Gase [3]) entstehen auf die angegebene Weise (S. 69) entweder als Nebenproducte und entweichen aus den Gichten der Schmelzapparate (Gichtgase) oder werden in besonderen Apparaten (Generatoren) absichtlich erzeugt (Generatorgase), in beiden Fällen hauptsächlich durch beschränkten Luftzutritt zu einer hohen Schicht Brennstoff entstehend, wobei neben mit Stickstoff gemischtem Kohlenoxydgas hauptsächlich Kohlensäure sich bildet, welche aber in Berührung mit den überschüssigen glühenden Kohlen grossentheils zu Kohlenoxydgas reducirt wird [3]), theilweise aber sich dieser Zersetzung entzieht und dann im Gasgemisch sich findet. Durch eine verkohlende Wirkung bei der unvollständigen Verbrennung können Kohlenwasserstoffgase entstehen und durch Einwirkung von Wasserdampf auf Kohle (S. 66) auch Wasserstoff, so dass das Gasgemisch an brennbaren Gasen hauptsächlich Kohlenoxydgas und untergeordnet Kohlenwasserstoff und Wasserstoff, an unbrennbaren Stickstoff und Kohlensäure enthält.

Schattenseiten der Gasfeuerung.

Bei der vorherigen Vergasung fester Brennstoffe in der angegebenen Weise findet im Vergleich zur directen Verbrennung zu Kohlensäure ein Wärmeverlust statt, welcher veranlasst wird:

a) durch Reduction der anfänglich gebildeten Kohlensäure durch Kohlenstoff in Glühhitze (900—1000°) zu Kohlenoxydgas [4]) (S. 84).

Krans berechnet bei der Steinkohle von Gobain (84.438 C, 6.168 H, 6.898 O und 2.554 N) und der später angegebenen Zusammensetzung des daraus dargestellten Gases diesen Verlust auf 31.71 Proc. und Chaudeffaud findet denselben auf anderem Wege zu 31.69 Proc. Dieser Verlust steigert sich auf 48 Proc., nachdem die Gase, wie später weiter erwähnt werden soll, noch in Regenerativöfen erhitzt worden sind. — Nach Gruner giebt Holz mit 40 C, 4.8 H, 33.6 O, 0.8 N, 0.8 Asche und 20 H_2O bei directer Verbrennung 961.2 Calorien, wovon bei der Vergasung 470.5 Calorien absorbirt werden.

b) Durch Absorption von Wärme bei der Verkohlung rohen Brennmaterials (S. 85) und Austreibung von Wasser (S. 84).

c) Durch Abkühlung der Gase in den vom Generator zu den Oefen u. s. w. führenden Rohrleitungen und eintretender Abscheidung von der Verbrennung entzogenen condensirten Theerdämpfen, insofern

1) B. u. h. Ztg. 1873, S. 351 (Scheurer-Kestner). Dingl. 171, 43 (List); Notizbl. für Fabrikation von Ziegeln u. s. w. v. Seger 11, 191 (Aron); Oest. Ztschr. 1878, No. 40 (Kasalovsky); Dingl. 230, 131 (Büchner). 2) Bischof II, die indirecte, aber höchste Nutzung d. rohen Brennmaterialien. 1856. Zerrenner, Gasfeuerung. 1856. Steinmann, Compendium der Gasfeuerung. 1876. v. Kerpely's Fortschr. der Eisenhüttentechnik. 1—11. Jahrg. 3) Ursprung des Wortes „Gas" in Berggeist 1867, No. 39. 4) Erdm. J. 55, 399; 58, 483. 5) Stegmann, Gasfeuerung, S. 64. Krans, études sur le four à gaz et à chaleur régénéré de M. Siemens, Bruxelles et Louvain 1869, p. 41. Preuss. Ztschr. 18, 149. Chaudeffaud in Bullet. de la soc. de l'industrie minérale 9, 438. Preuss. Ztschr. 18, 150.

und Cinderbildung eine unvollständige
über die Gasfeuerung trotz der obigen
Vorzüge [1]): die Möglichkeit der Regulir
(Erzeugung einer neutralen, oxydirenden
die Anwendbarkeit jeder Art von Bren
welchem man bei directer Feuerung de
erreichen kann (Torf-, Braunkohlen-,
die Möglichkeit, selbst aus den schlechte
sen Sägespänen, aschenreichen Braunk
Temperaturen durch Condensation des
Wiedererhitzen derselben hervorzubring
Gasproduction von der Heizanlage, we
Mengen poröser Brennstoffe zum Betrieb
ratur erfordernder Apparate zulässt; eine
freiere Flamme. Brennbare Gase eignen
ten Feuerung (S. 139) besonders da, w
stattfindet und höhere Temperaturen anh
seinen Hauptgrund darin hat, dass die b
brennungsraum diffundiren, sich mit der
dünnen und um so unentzündlicher werd
nung und je niedriger die Temperatur. [2])
schung der Gase mit Luft entsteht eine
einer Gasfeuerung ist es nicht möglich,
Moment gleich zu verstärken.

Wenn die Gasfeuerungen den Erwartungen
so hat dieses meist in mangelhafter Erfüllung de
seinen Hauptgrund.

Theile der Gasfeuerungen.

Jede Gasfeuerung erfordert als we
erzeuger (Schmelzapparat, Generator)
vorrichtung für die Gase mit Zug- od

rösten, Kalkbrennen u. s. w. benutzte, so verdankt man doch die allgemeinere Einführung der Gichtgase in die Praxis besonders Faber du Faur (1837) und die Anwendung der Generatorgase Bischof in Mägdesprung (1839), dann ist letztere von österreichischen Hüttenmännern weiter ausgebildet, auch 1842 von Pages und Ebelmen versucht worden. [1]) Der wichtigste Schritt der Neuzeit ist die Geltendmachung des Siemens'schen Regenerativsystems, nach welchem durch Vorerhitzen der brennbaren Gase und der Verbrennungsluft in einem von den früheren ganz abweichenden Erhitzungsapparate die vollkommenste Methode der Wärmesteigerung und ihrer Nutzbarmachung geschaffen ist. Durch Einschaltung eines Condensationsapparates ist die Möglichkeit gegeben, wasserhaltige Brennstoffe niederer Ordnung, z. B. Sägespäne mit 50 Proc. Wassergehalt und darüber, ohne jegliche Aufbereitung und Präparation zur Erzeugung der höchsten Verbrennungstemperaturen anwendbar zu machen.

Neuerdings hat man auch Petroleumgas (S. 68) unter Zuführung von Wasserdampf zum Befeuern von Oefen mit Vortheil benutzt (Röstofen von Villard). [2])

Es können bei Berechnungen folgende Daten in Betreff der Gase u. s. w. von Interesse sein. Eigenschaften der Gase.

	Abs. Wärmeeff. Wärmeeinh.	Pyrometrischer Wärmeeffect in Sauerst.	Pyrometrischer Wärmeeffect in Luft	Spec. Wärme	Spec. Gew.
Wasserstoff	34460	4073°	2080°	3.294	0.0688
Kohlenoxydgas	2403	5316—7090°	2121—2828°	0.288	0.9678
Grubengas	13063	4766°	1935°	—	0.5589
Oelbildendes Gas	11858	6308°	2290°	0.421	0.9852
Kohlensäure	—	—	—	0.221	1.5245
Stickstoff	—	—	—	0.275	0.9757
Sauerstoff	—	—	—	0.236	1.000
Atm. Luft	—	—	—	0.267	—
Wasserdampf	—	—	—	0.475	—
Wasser	—	—	—	1.000	—
Brennmaterialasche	—	—	—	0.200	—

Es verbrennen nach Gewichtstheilen:

1 Kohlenstoff mit 2.67 O zu 3.67 Kohlensäure
1 „ „ 1.33 „ „ 2.33 Kohlenoxydgas
1 Kohlenoxyd „ 0.57 „ „ 1.57 Kohlensäure
1 Grubengas „ 4.00 „ „ 2.75 Kohlensäure u. 2.25 Wasser
1 Wasserstoff „ 8.00 „ „ . . . . 9.00 „

Dem Volumen nach:

Kohlenoxyd mit $^1/_2$ O zu 1 Kohlensäure
Wasserstoff „ $^1/_2$ „ „ . . . . 1 Wasser
Oelbildendes Gas „ 3 „ „ 2 Kohlensäure u. 2 „

1. Gichtgase.

46. Allgemeines. Im allgemeinen Sinne nennt man alle aus einer Feuerstelle unbenutzt entweichenden Gase Gichtgase, mögen dieselben noch brennbare Bestandtheile enthalten oder nur durch ihre Hitze (Ueberhitze) wirksam sein können. Im engeren Sinne und Begriff.

1) Geschichtliches: Zerrenner c. l. S. 250. Kerl, Met. 1, 300. Percy-Wedding's Eisenhüttenkunde 2, 314. Hartmann's allgem. B. u. h. Ztg. 1862, S. 389. Steinmann c. l. B. u. h. Ztg. 1869, S. 139. Stegmann, Gasfeuerung 1877, S. 53. 2) San Francisco Scientific Press 1871, Vol. 22, No. 16.

Mechelsdorfer Kupferschieferschmelzen u
ofen u. s. w., bewährt haben. Jedoch
Gase und Dämpfe aus Bleiöfen behuf Co
Art der Gichtgase bei Eisenhohöfen ab
Freiberg, Przibram u. s. w.).

Zusammensetzung.

47. Zusammensetzung und Eig
Die Zusammensetzung der Gase variirt
wandten Brennstoffs, nach der Temperat
brennungsluft, nach dem Gange des Ofe
welcher die Auffangung der Gase im Of
früher dieselben möglichst tief aus de
ihrer höheren Temperatur grössere Hitze
und Schweissöfen genügende, so beschrä
da durch Entziehung von zu viel Wärm
Gasen aus den unteren Ofentheilen der O
geräth und sich dann die Gase in ihrer
haft ändern können — meist darauf, unre
Temperatur oberen Ofentheilen zu e
Hervorbringung niedrigerer und namentlic
Temperaturen zu verwenden (Dampfkessel
röstung, Trocknen und Darren von Bren
Erzeugung höherer Temperaturen wendet
gase an.

Ort der Gasentziehung.

de Langlede[4]) hat neuerdings Hohofeng
deln dadurch tauglich gemacht, dass die Gase ge
Entfernung von Staub und Wasserdampf, dann
hitzt und mit heisser Luft verbrannt werden.

Analysen.

Es liegt eine grosse Reihe Analysen
ofen-Gichtgasen von Bunsen, Playfair,
berg, Scheerer, Richter, Rinma

vor, welche sich in Percy-Wedding's Eisenhüttenkunde 2, 217 am vollständigsten zusammengestellt finden und nach Knapp durchschnittlich etwa nachstehende Zusammensetzung repräsentiren:

Eisenhohofen-Gichtgase.

	Dem Volumen nach			Dem Gewichte nach		
	Holzkohle	Cokes	Steinkohle	Holzkohle	Cokes	Steinkohle
Stickstoff . . .	62.0	63.7	50.9	61.5	64.4	56.3
Kohlenoxyd . . .	25.1	34.3	19.3	24.9	34.6	21.5
Kohlensäure . . .	8.5	0.6	9.1	12.6	0.9	15.2
Wasserstoff . . .	3.2	1.4	12 4	0.2	0.1	1.0
Grubengas . . .	1.2	—	6.6	0.6	—	4.2
Oelbildendes Gas .	—	—	1.6	0.2	—	1.8
Cyan	—	—	Spr.	—	—	—
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Geben Wärmeeinheiten (S. 76) nach calorimetrischer Berechnung				1848	1312	5709

v. Mayrhofer[1]) berechnet die Temperatur, Zusammensetzung und Menge der Gichtgase aus der Zusammensetzung der Kohlen und der Beschickung, dem Kohlenverbrauch, der Windmenge und dem Beschickungsverbrauch.

Rinmann[2]) fand Holzkohlenofengase zusammengesetzt aus:

	Vol.	Gew.
Stickstoff	57.3	55.0
Kohlenoxyd . . .	23.1	22.1
Kohlensäure . . .	14.8	22.3
Wasserstoff . . .	4.3	0.3
Grubengas . . .	0.5	0.3

Nach Gruner enthalten die Gichtgase selten 30 Proc., meist 25—29 Proc. Kohlenoxydgas bei einem Effect von 600—700 Calorien und einem Verbrauch von 0.60—0.75 kg Sauerstoff zum Verbrennen von 1 kg der Gase. Die Gase der Holzkohlenöfen enthalten etwas mehr Wasserstoff, als die aus Cokeshohöfen.

Um für die Theorie des Hohofenprocesses die wichtigsten Bestandtheile der Gichtgase nutzbar und aus den Analysen derselben praktische Schlüsse zu machen, hat man Kohlensäure und Kohlenoxydgas auf eine unveränderliche Grösse, nämlich auf 100 Vol. Stickstoff berechnet. Die Kohlensäure entsteht durch directe Verbrennung vor der Form, durch Oxydation von Kohlenoxydgas durch den Sauerstoff des Erzes, aus kohlensäurehaltigen Schmelzmaterialien und wird in geringen Mengen mit der Luft eingeführt; Kohlenoxyd durch unmittelbare Verbrennung, Reduction von Kohlensäure durch Kohlenstoff und vielleicht durch Dissociation[3]) der Kohlensäure (S. 71. 85) und zwar nehmen die Quellen für die Kohlensäurebildung im Ofen von unten nach oben zu, für Kohlenoxydgaserzeugung aber ab. Während in tieferen Ofentheilen der Gehalt der Gase an Kohlenoxydgas schwankt, so pflegt derselbe an der Gicht nahezu gleich zu sein und zwar ist es für die Wärmeausnutzung um so günstiger, je geringer dieser Gehalt ist. In gleichen absoluten Höhen über den

Bildungsweise der einzelnen Bestandtheile.

1) Oest. Ztschr. 1861, No. 11. 2) B. u. h. Ztg. 1877, S. 94. 3) Dingl. 202, 151. B. u. h. Ztg. 1871, S. 404.

Formen verschiedener Hohöfen zeigt sich der Kohlenoxydgasgehalt in niedrigeren Oefen geringer, als in höheren. Am ungleichmässigsten zeigt sich in oberen Ofengegenden das Verhältniss zwischen Kohlensäure und Kohlenoxyd bei rohen Brennstoffen; in der Nähe der Formen wird bei einem poröseren Brennstoff (Holzkohlen) die Kohlensäure leichter zu Kohlenoxyd reducirt, als bei einem dichteren (Cokes) und es braucht deshalb für dieselbe Menge Erz ein Holzkohlenofen am wenigsten, ein Cokesofen mehr und ein Steinkohlen- oder Anthracitofen am meisten Brennmaterial. In ein und demselben Ofenquerschnitt zeigt sich jenes Verhältniss an verschiedenen Stellen abweichend in Folge verschiedener Geschwindigkeit der Gase in der Mitte und an den Wänden, des Eindringens sauerstoffreicher Gase in den Herd und zuweilen der einseitigen Gasentziehung. — Grubengas entwickelt sich bei allen Brennmaterialien, auch bei verkohlten, bis zu einer Tiefe nahe der Form (etwa 1—4, bei Steinkohlen bis 8 Vol. Proc.), ölbildendes Gas nur aus Steinkohlen bis etwa zur Hälfte des Ofens von der Gicht ab, beim Aufsteigen sich in leichten Kohlenwasserstoff und Kohlenstoff zerlegend. — Wasserstoff, durch alle Tiefen des Ofens und von unten nach oben zunehmend, rührt in unteren Ofentheilen von der Einwirkung des Wasserdampfes — in der Gebläseluft, aus feuchtem Gestübbe am Tümpel und andere Herdtheile oder die Formen dichtenden feuchten Substanzen — auf Kohlenstoff her (S. 84), in den oberen Ofentheilen aus den Destillationsproducten des Brennmaterials, namentlich der Steinkohlen, hauptsächlich in Folge der Dissociation der Kohlenwasserstoffe. Hygroskopisches und hydratisches Wasser der Schmelzmaterialien ist bei der Temperatur, in welcher Kohlenstoff auf Wasserdampf zersetzend einwirkt, bereits ausgetrieben. Eine Erzreduction kann durch Wasserstoff noch in einer Temperatur stattfinden (277—315° C.), wo der dabei entstandene Wasserdampf nicht mehr auf Kohlenstoff wirkt. Der Wasserstoffgehalt nimmt im Allgemeinen von der Form bis zu einer gewissen Höhe zu, dann aber wieder ab, wohl wegen Verbrauchs zur Erzreduction und vielleicht durch Absorption desselben von Kohle oder Diffusion durch die Ofenwände. — Das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff in den Gasen steigt von unten nach oben in Folge der Aufnahme von ersterem aus den Erzen, aus Brennmaterial (rohem und verkohltem) und aus Wasserdampf, aus hinzugetretener Kohlensäure aus den Schmelzmaterialien und vermindertem Stickstoff durch Cyanbildung. In der unmittelbaren Nähe der Formen findet sich ein bedeutender Ueberschuss an Sauerstoff, namentlich in Folge von Cyanbildung und Zersetzung von Wasserdampf, durch Stagnation der Gase an den Ofenwänden, durch sauerstoffreiche Gase des Kohlengestübbes (S. 113), welches zum Verstopfen der Oeffnungen unter dem Tümpel dient, durch ungleiche Absorption von Sauerstoff und Stickstoff der Luft durch die flüssigen Massen u. A. Freier Sauerstoff kann nur im Focus der Formen, weil hier die Luft zur Eingehung chemischer Verbindungen eine gewisse Zeit gebraucht, und in den heissesten Theilen des Ofens in Folge eines Zerfallens (Dissociation) der beim Verbrennen gebildeten Gase (Kohlensäure und Kohlenoxyd) sich finden. — Cyan erzeugt sich in Eisenhohöfen in Gestalt von Cyankalium [1]) in grosser Menge durch Zusammentreffen des Stickstoffs der Luft mit Kohlenstoff und kohlensaurem Alkali bei hoher Temperatur. Wie das freie Cyan in die Hohofengase kommt, ist zur Zeit noch nicht nachgewiesen, ob durch Zerlegung von Cyankalium, Cyanwasserstoff, Cyanstickstoff, durch Verbindung des C mit dem Stickstoff des Brennmaterials? — In den Hohofengasen, namentlich beim Betriebe mit Steinkohlen, finden sich noch geringe Mengen Ammoniak und Schwefelwasserstoff, sowie zuweilen Dämpfe von Alkalimetallen (Kalium, Natrium, Lithium), Alkalierdmetallen (Calcium) und schweren Metallen (Blei, Zink, Cadmium). Ueber die Veränderung der Gaszusammensetzung im Hohofen siehe Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 191.

Temperatur. Chemische und physikalische Eigenschaften. Die Temperatur der Gichtgase an der Gicht beträgt gewöhnlich einige 100° C. und hängt hauptsächlich ab von der Ofenhöhe, der Geschwindigkeit der ausziehenden Gase, dem Verhältniss zwischen Brennmaterial und Erz und ob dieselben an der Gicht mehr oder weniger verbrennen, was ein Steigen der Temperatur in tieferen Ofentheilen

1) Kerl, Met. 1, 794, 795. B. u. h. Ztg. 1878, S. 264.

veranlasst. Ein Cokeshohofen entwickelt in entsprechenden Ofenhöhen höhere Temperaturen, als ein Holzkohlenofen. In der nächsten Nähe der Formen besitzen die gebildeten Gase die höchste Temperatur, welche dann durch Reduction der gebildeten Kohlensäure zu Kohlenoxyd sich rasch und stark erniedrigt (S. 84) und dann allmählich von unten nach oben abnimmt. Versuche zur Ermittlung der Temperatur der Gase in verschiedenen Ofenhöhen sind von Ebelmen [1], v. Tunner [2], Stokher [3], Fernqvist [4], Bell [5], Jüngst, Rinmann, Kupelwieser, Wiebner u. A. [6]) angestellt. Bunsen [7] hat berechnet, dass weniger in Folge der fühlbaren Wärme der Gase, als ihres Gehaltes an brennbaren Bestandtheilen so viel Wärme verloren geht, dass bei Holzkohlenöfen nur 51.5, bei Steinkohlenöfen nur 16.55 Proc. des aufgewendeten Brennstoffes zur Nutzung kommen. Dürre's Berechnungen des Wärmeverlustes in Tiegel-, Schacht- und Flammöfen zum Umschmelzen des Roheisens (S. 81) sind bereits mitgetheilt. Je weniger Kohlenoxydgas in den Gasen der Gicht entströmt, um so vollkommener ist der Process. Bei den bestgeleiteten Hohöfen enthalten die Gichtgase immer noch mehr als 12 Vol. Kohlenoxyd auf 100 Vol. Stickstoff; sie liefern deshalb noch ein werthvolles Brennmaterial. Erst wenn auf 100 Gew.-Thle. der unverbrennlichen Gase unter 11 Thle. Kohlenoxyd vorhanden sind, tritt eine Temperaturerhöhung nicht mehr ein. [8] Wärmeverlust.

Nach Gruner entzünden sich die gasförmigen Brennmaterialien erst bei 800—900° C. Die Entzündlichkeit variirt nach Stöckmann [9]): Entzündlichkeit.

a) nach der Gasmenge, ist z. B. gering bei kleinen Hohöfen, die bei geringer Production auf Graueisen gehen;

b) nach dem Kohlenoxydgasgehalt, welcher bei kleinen, resp. mittleren Oefen bei grösserer Production mit kurzer gaarer Schlacke zuweilen so gering wird, dass die Gase schlecht brennen. Der Effect lässt sich durch ein Vorfeuer steigern, über welches die Gase ziehen und sich erwärmen. Solche aus diesem Grunde schlecht brennenden Gase von den Cokeshohöfen zu Laar bei Ruhrort zeigten z. B. folgende Zusammensetzung:

Kohlenoxyd	16.06	19.61
Kohlensäure	17.12	17.36
Wasserstoff	0.39	2.45
Kohlenwasserstoff . .	0.57	0.14
Stickstoff	65.86	60.44

c) nach der Menge Gichtstaub, welcher so viel Wärme absorbiren kann, dass die Gase keine beständige Flamme unterhalten können. Die Gase von der Graueisenerzeugung, namentlich vom tiefgrauen Bessemerroheisen, brennen nicht so stark und besitzen minderen Heizwerth als die vom Weisseisen und die im Holzkohlenofen erzeugten Gase. Der Staub entsteht in reichlicherer Menge besonders bei viel Kalkzuschlag und wahrscheinlich dadurch, dass die gebildete stark basische Schlacke durch den eingeblasenen Windstrom leichter zerstäubt wird. Stöckmann fand in 1 cbm Gas 1.9 g Staub. Cokeshohofengase, welche wegen grösseren Staubgehaltes nicht brannten, hatten folgende Zusammensetzung:

1) Ann. d. min. 4 sér. 5, 19; 20, 409. 2) Leoben. Jahrb. 9, 290. 3) Leoben. Jahrb. 10, 491. 4) B. u. h. Ztg. 1865, S. 258. 5) Leoben. Jahrb. 15, 109. B. u. h. Ztg. 1866, S. 323. 6) Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 193. 7) Pogg. Ann. 46, 216; Erdm. J. 42, 388. 8) Percy-Wedding's Eisenh. 2, 313. 9) Stöckmann, die Gase des Hohofens u. s. w. Ruhrort 1876, S. 24. Belani in Oest. Ztschr. 1876, No. 45, 46; 1877, No. 6.

Kohlenoxyd	31.03	31.86
Kohlensäure	5.26	5.55
Wasserstoff	0.51	0.14
Kohlenwasserstoff . .	0.44	0.76
Stickstoff	62.76	61.69

Der beigemengte geringe Wasserdampf trug nicht die Schuld am Nichtbrennen. Die Zusammensetzung des Staubes in den Röhrenleitungen schwankt sehr; derselbe enthält z. B. im Hauptsammelrohr 30.38 Proc., in der Leitung an den Kesseln 20.93 Proc. Eisen.

Flammenfärbung. Die Färbung und Lichtintensität der Gichtflamme[1]), früher bei den offenen Gichten der Eisenhohöfen ein Hauptkennzeichen zur Beurtheilung des Ofenganges, rührt theils von den in ihr verbrennenden Gasen (Wasserstoff blau, Kohlenoxydgas bei niedriger Temperatur blau, bei höherer gelb, Kohlenwasserstoff gelbroth), theils von in der Flamme suspendirten glühenden festen Stoffen her. Kali färbt violett, welche Färbung sich in Folge regelmässiger Kaliumreduction bei normalem Gange zeigt, bei rohem aber unterdrückt wird, Zinkoxyd weiss, Blei- und Antimonoxyd gelblich weiss, Staub von Kohlen, Erz und Zuschlägen röthlich gelb oder gelblich roth. Noch zu beachten ist, ob die Gichtflamme gleichmässig über die ganze Gicht verbreitet ist, ob sie lebhaft und mit Geräusch auszieht, ob sie mehr oder weniger stark raucht u. s. w.

Pressung. Ueber die Spannung oder Pressung[2]) der Gichtgase in den verschiedenen Ofenhöhen und an der Gicht liegen u. A. Untersuchungen von v. Tunner, Rinmann und Fernqvist vor, welche im Allgemeinen ergeben, dass dieselbe in der Formgegend am grössten, nach oben hin allmählich abnimmt und mit der Pressung der Gebläseluft durch den ganzen Ofen hindurch im Verhältniss steht. Auf die Spannung sind sonst von Einfluss die Temperatur im Ofen, die Ausdehnung und Reibung der Gase, die Veränderung der Ofengestalt, Ansatzbildung vor den Formen, die Entziehung von Gasen u. A., so dass die Berechnung ihrer Abnahme nach der Gicht zu nur eine sehr unsichere sein kann. Schinz[3]) berechnet die Geschwindigkeit der Gichtgase dadurch, dass von der bekannten Geschwindigkeit der unten in den Ofen eintretenden Gase die den Widerständen im Hohofen entsprechende Geschwindigkeit abgezogen wird, und Mayrhofer[4]) aus dem Volumen des eingeblasenen Windes. Genauere Resultate erfolgen aus einer auf die Analyse der Gichtgase gegründeten Berechnung. [5])

Gasmenge. Die Menge der Gichtgase richtet sich hauptsächlich nach der Quantität des in einem gewissen Zeitraume verbrannten Brennmaterials. So liefert z. B. ein auf weisses Roheisen schnell betriebener Hohofen mehr Gase, als ein auf graues Roheisen langsamer gehender. Es können die in ersterem Falle gewonnenen Gase für einen gewissen Zweck ausreichen, in letzterem aber nicht mehr.

Westmann[6]) hat die Menge und Pressung der Gichtgase ermittelt, welche von einem Eisenhohofen für verschiedene Zwecke, z. B. zum Eisenerzrösten, zur Winderhitzung u. s. w. zu entnehmen sind. Nach Gillot[7]) beträgt die Heizkraft der Gichtgase durchschnittlich zwei Drittel von der des angewendeten Brennmaterials.

---

1) Bgwfr. 5, 283. Dingl. 202, 151. 2) Leoben. Jahrb. 9, 290 (v. Tunner). 3) Schinz, Documente, betr. den Hohofen, S. 40, 116. 4) Oest. Ztschr. 1861, S. 100. 5) Percy-Wedding, Eisenh. 2, 327. 6) B. u. h. Ztg. 1872, S. 112. 7) Dingl. 188, 191.

Giftigkeit.

Die Giftigkeit[1]) der Gichtgase liegt hauptsächlich in ihrem Gehalte an Kohlenoxydgas, seltener wohl in dem an Cyanverbindungen.

Gasfänge. Constructionsbedingungen.

48. Auffangung der Gichtgase. [2]) Die Gichtgasfänge müssen derart eingerichtet sein, dass sie eine möglichst vollständige Fassung der Gase ohne Beeinträchtigung des Ofenganges, sowie ein zweckmässiges Chargiren zulassen.

Das Chargiren[3]) ist im Allgemeinen ein für den Ofengang zweckmässiges, wenn beim Einbringen der Massen in den Ofen die dicken Erzstücke in der Mitte, das Klein an der Peripherie zu liegen kommt, wo sich dann die aufsteigenden Gase am gleichmässigsten ausbreiten. Man erreicht dieses bei Oefen mit enger offener Gicht durch Vertheilung der aufgegebenen Massen mit Hand und bei weiteren offenen Gichten durch Setzen der Beschickung an die Peripherie, wo dann die dicken Stücke nach der Mitte rollen. Bei grösseren Oefen geschieht diese Vertheilung durch eine selbstthätige Chargirvorrichtung (z. B. von Parry, Langen, v. Hoff u. s. w.). Das Brennmaterial sucht man häufig vorwaltend nach der Mitte hin zu schaffen und hat zu dem Zwecke Gasfänge mit centraler Brennstoffgichtung construirt (z. B. Navay, Coingt, Levèque) oder solche, die ein beliebiges Chargiren nach der Mitte und nach dem Rande hin gestatten (Jacobi, v. Kerpely, Chadeffaut u. s. w.).

Die Auffangung der Gichtgase geschieht bald durch Canäle im Mauerwerke an der Peripherie, bald durch centrale Röhren oder durch beide, und zwar mehr oder weniger unter der Gicht oder an derselben. Die Gicht ist entweder offen oder geschlossen.

Nach Beitter ist es für den Ofengang, den Brennstoffverbrauch und die Qualität des Roheisens ohne Einfluss[4]), ob die Gasentziehung in der Mitte oder an der Seite geschieht, wenn nur die Gase keinen einseitigen Zug nach einer dieser Richtungen nehmen und das wird vermieden, wenn die Gase mit einer gewissen Pressung (etwa 11— 17 mm Wassersäule) aus der nicht zu engen, den regelmässigen Niedergang der Gichten erschwerenden Gicht ausströmen. Wirken die Essen oder Exhaustoren zu scharf, so zieht sich, was Unordnungen herbeiführt, der Schmelzpunkt im Hohofen zu sehr nach oben (Oberfeuer) und von oben eingesogene Luft kann Veranlassung zu Explosionen geben. Von wesentlichem Einflusse auf den Ofengang kann es aber sein, wenn man die Gase zu tief im Ofen ableitet und dadurch demselben zu viel Wärme und zu viel reducirendes Agens entzieht, weshalb man meist die Gasfänge wenig unter oder an der Gicht anlegt und die dann weniger heissen Gase da anwendet, wo es auf keine hohen gleichmässigen Temperaturen ankommt (Brennen von Kalk, Rösten von Erz, Winderhitzung u. s. w.). Die Wahl der einen oder anderen Construction des Gasfanges ist hauptsächlich bedingt durch die Höhe und Weite der Oefen, Korngrösse und Feuchtigkeit des Erzes, Grösse der Production u. A.

Offene Gicht.

I. Gasfänge bei offener Gicht. Dieselben liefern wegen der Möglichkeit des Entweichens der Wasserdämpfe trocknere Gase bei feuchten Materialien, gestatten einen Einblick in die Gicht, leichteres Wegräumen von Ofenbrüchen u. s. w., geben aber zu Gasverlust[5]) Veranlassung. Das Chargiren geschieht auf die oben angegebene Weise oder auch wohl mit runden Gichthunden mit Bodenklappe. Die Gicht kann durch einen Deckel (Gichtdeckel)[6]) mehr oder

---

1) Percy-Wedding, Eisenhüttenkunde 2, 389. Eulenberg, Lehre von den schädlichen und giftigen Gasen 1865, S. 28, 49, 487, 497. Vorrichtung am Gichtgasfang zum Schutze der Arbeiter in B. u. h. Ztg. 1866, S. 455. 2) Kerl, Met. 1, 309, 320. B. u. h. Ztg. 1865, S. [illegible]. Peclet, Anwendung der Wärme, deutsch v. Hartmann 1860, Bd. 1, S. 255. 3) B. u. h. Ztg. 1860, S. 313; 1864, S. 131; 1865, S. 223, 396. 4) B. u. h. Ztg. 1864, S. 131; 1869, S. 277. v. Kerpely, Fortschr. 5, 135. 5) B. u. h. Ztg. 1858, S. 235. 6) Polyt. Centr. 1871, S. 1155.

weniger geschlossen werden und er ist entweder an einem Charnier beweglich oder besser an einem Hebel aufgehängt.

Tangent. Gasfänge.

1) Tangentiale Gasfänge. Dieselben gestatten ein gleichmässigeres, unbehindertes Niedergehen der Gichten, während bei centralen das in die Beschickung hinabreichende Rohr Reibung veranlasst, aber die Auflockerung der Massen befördert. Am gleichmässigsten ist die combinirte centrale und peripherische Gasableitung. Die Gasableitung kann geschehen:

a) Unter dem Niveau der Beschickungssäule und zwar durch einen grossen oder mehrere engere, ringsum gleichmässig vertheilte Canäle in einer Reihe (Wasseralfinger Gasfang, Fig. 69) oder in zwei Reihen über einander (Wittkowitz) ohne oder mit Einhängecylinder (Fig. 71), in letzterem zuweilen ein Erzvertheiler (Fig. 72).

Beispiele.

Fig. 69.

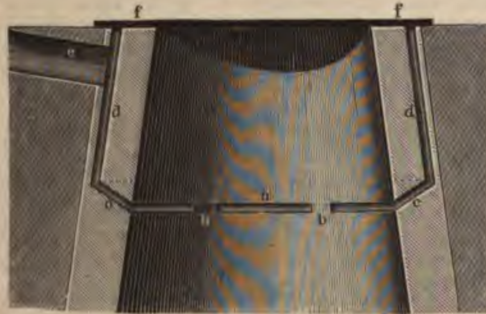


α) Gasfänge ohne Einhängecylinder. In Schweden[1]) leitet man (Fig. 69) Hohofengase zum Rösten der Erze aus tieferen Ofengegenden (3.14—4.40 m) unter der Gicht entweder nur durch eine Oeffnung von etwa 0.0882 qm Querschnitt oder durch mehrere symmetrisch an der Peripherie vertheilte Oeffnungen ab. Die Gasfüchse *a* münden gewöhnlich in einen um den Ofen herum laufenden, von der Gicht aus durch *d* behuf Reinigung zugänglichen Canal *b* und werden aus diesem durch *c* weiter fortgeleitet. *e* Gasfang für die an der Gicht zu benutzenden Gase.

β) Wegen der mit einer zu tiefen Gasentziehung verbundenen Uebelstände (S. 149) hat man zweckmässiger die oblongen Schlitze nur bis 2 m. unter die Gichtöffnung gelegt. Solche Gasfänge, in Nordamerika[2]), England[3]) (hier nach Sparrow's Construction[4]) mit der Modification, dass die peripherischen Gasabzüge in stehende Röhren münden, welche einen so hoch liegenden ringförmigen Sammelraum haben, dass das Chargiren dadurch nicht behindert wird) und Deutschland[5]) in Anwendung, zeigen den Uebelstand, dass die Canäle an den Gaseintrittsöffnungen durch die herabgleitenden Beschickungsmassen zerstört werden. Letzteren Uebelstand hat man im Siegenschen[6]) dadurch zu beseitigen gesucht, dass man in das Mauerwerk einen eisernen Ring gelegt hat, durch dessen horizontal schlitzförmige Oeffnungen die Gase nach oben und dann in einem seitlichen Ableitungsrohre entweichen (Fig. 70). *a* 941 mm unter der Gicht eingemauerter gusseiserner Ring, 209 mm breit, 118 mm hoch, *b* Stützen (Stollen) von 52 bis 78 mm Höhe und 209 mm Breite, *c* Schlitze, *d* mantelförmiger Raum zur Aufnahme der Gase, *e* Gasableitungsrohr, *f* gusseiserne Deckplatte zum Reinigen des Gasfanges; Gichtweite 1.26 m.

Siegenscher Gasfang.

Fig. 70.



1) v. Tunner, Eisenhüttenwesen in Schweden 1858, S. 24. B. u. h. Ztg. 1852, S. 601. 2) B. u. h. Ztg. 1871, S. 17. 3) Polyt. Centr. 1853, S. 990. B. u. h. Ztg. 1867, S. 19 (Addenbrooke). 4) Dingl. 207, 313. 5) Kerl, Met. 1, 310. Dingl. 146, 284. B. u. h. Ztg. 1858, S. 120. 6) Schles. Wochenschr. 1861, S. 264. B. u. h. Ztg. 1862, S. 127.

Im Vergleich zu dem nachfolgenden Pfort'schen Apparat soll der Siegener nur halb so viel kosten, auch dauerhafter und handlicher sein, da der Ring, wie der Cylinder, beim Ausblasen nicht herausgenommen zu werden braucht.

Pfort-scher Gasf.

γ) **Gasfänge mit in die Gicht eingehängtem Cylinder** von 1.26 bis 2.20 m. Länge (**Pfort'sches System**), hinter welchem sich die Gase ansammeln und unbehindert von der Beschickung durch einen oder mehrere Canäle seitlich abgeführt werden. Der Cylinder geht zuweilen nach unten etwas auseinander. Eine derartige Einrichtung wählt man gewöhnlich nur für enge Gichten. (Fig. 71) Apparat zu **Vordernberg** in Steyermark: *a* Cylinder von Eisenblech 2.14 m lang und 0.87 m weit, *b* Zwischenraum von 105 bis 235 mm, *c* Gasabführungsrohr, 0.37 m weit, *d* Rohr zur Ableitung der überflüssigen Gase, auch behuf Erleuchtung der Gicht, *e* Register, *f* Sicherheitsventil und Reinigungsklappe für Gichtstaub. Zu **Derno**[1]) in Ungarn lässt man den Cylinder einige Fuss über das Gichtniveau emporragen, wodurch das Aufgeben mit Handkörben erleichtert und der Abzug der Gase nach oben hin erschwert wird. — Derartige Apparate, 1842 von **Pfort**[2]) zuerst zu Veckerhagen eingeführt und in Deutschland, Belgien und Frankreich sehr verbreitet, gestatten, nachdem der am besten unter Wasserverschluss befindliche Gichtdeckel mittelst eines Balanciers gehoben, ein bequemes Chargiren, die Arbeiter werden von den Gasen weniger belästigt und der Gasstrom wird nach dem Verbrennungsraume hin niemals unterbrochen. Man stürzt entweder die Kippwagen mit der Beschickung an den Wänden aus, damit die dicken Stücke nach der Mitte rollen und das Klein am Rande bleibt (S. 149), oder man wendet z. B. zu **Creuzot**[3]) runde Gichthunde von der Weite der Gicht an, in deren Boden sich eine grosse Anzahl schmaler Klappen befindet, bei deren Oeffnen sich die Beschickung sehr gleichmässig vertheilt. In ähnlicher Weise verfährt **Stein**[4]), welcher die aufzugebenden Materialien im Gichtwagen aufschichtet und diesen über der Gicht entleert. Beim Chargiren muss auch darauf gesehen werden, dass nicht atmosphärische Luft zum Gas tritt, weil sonst Explosionen entstehen. **Chargirvorrichtungen.**

Fig. 71.



Fig. 72.



Chadeffaud's Gasfang.

Chadeffaud's Gasfang[5]) (Fig. 72) gestattet ein beliebiges Chargiren nach der Peripherie oder der Mitte des Ofens hin. Ein Trichter *a* zur Aufnahme des Erzes befindet sich über einem an *h* befestigten Eisenkegel *b* unter der bei *c* geschlossenen Gicht, an welchem sich ein abgestumpft conischer Ring *d* durch mittelst eines Hebels zu bewegende Zugstangen *e* aufziehen lässt, *f* Gasabführungscanal. Sollen die Schmelzmaterialien an den Rand des Ofens gelangen, so giebt man der Vorrichtung eine

1) v. **Kerpely**, Eisenhüttenwesen in Ungarn 1872, S. 128. 2) Stud. d. Götting. Ver. 5, 1 (1842). **Kerl**, Met. 1, 311, 320; 3, 235. 3) B. u. h. Ztg. 1869, S. 271. 4) B. u. h. Ztg. 1860, S. 298. 5) B. u. h. Ztg. 1864, S. 287; 1865, S. 396.

solche Stellung, dass die Flächen des Ringes in die Verlängerung der Kegelfläche fallen, wie in der Figur; wenn mehr in die Mitte, z. B. das Brennmaterial, so zieht man vor dem Entleeren des Trichters den Ring über den Kegel in die Höhe. Bei **Prénat's** Gasfang [1]) befindet sich in dem Cylinder ein Abrutschkegel.

b) Oberhalb der Beschickungssäule. Die Zerstörbarkeit des in die Beschickungssäule hineinragenden und die wirksame Ofenhöhe vermindernden Cylinders wird bei Apparaten dieser Art vermieden.

Fig. 73.



Beispiele.

Winzer [2]) hat 1862 über die Gicht zwei concentrische Cylinder gestellt, deren das Gas aufnehmende Zwischenraum oben mittelst eines ringförmigen Deckels geschlossen ist. Der mittlere Cylinder ragt etwas in den Ofen hinein und das Gas wird unterhalb des Deckels abgeführt. — In **Büttgenbach's** Ofen [3]) (Fig. 73) treten die Gase hinter dem Chargircylinder *c* in verticale Gasabführungsröhren *d* und aus diesen durch die Rohre *e* in einen gemeinschaftlichen ringförmigen, mit Wasser theilweise gefüllten Kasten *g* mit Sicherheitsvorrichtung gegen Explosion. — Zu **Rhonitz** [4]) ziehen die Gase durch sieben auf der Gicht neben dem Chargircylinder aufgestellte Rohre in einen gemeinschaftlichen Sammelraum.

Centrale Gasfänge.

2) Centrale Gasfänge. Dieselben haben die S. 150 angegebenen Vorzüge und Uebelstände und empfehlen sich besonders für zinkische Erze wegen minderen Absatzes von Gichtschwamm an den Ofenwänden und Zulässigkeit der Abführung und des Auffangens von Zinkoxyd.

Beispiele. Darby's Gasfang.

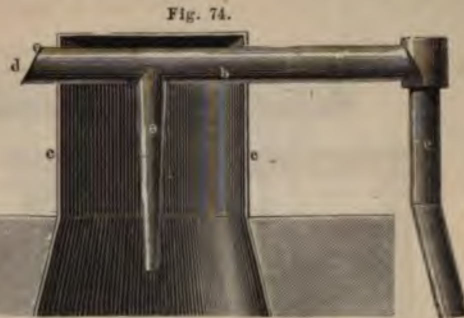
Darby [5]) lässt von oben durch die 2.82 m weite Gichtmündung ein 0.94 m weites Rohr bis in die Beschickungssäule hineinreichen, durch welches die Gase abziehen. Behuf bequemeren Chargirens legt man das mit der verticalen Gasröhre verbundene Knierohr höher über die Gichtmündung oder lässt den eingehängten Cylinder oder eine nach unten sich verjüngende Röhre *a* (Fig. 74) in eine Querröhre *b* oberhalb der Gicht münden, welche an beiden Enden im Gichtmantel *c* ruht. Das eine Ende ist mit Sicherheitsventil *d* versehen, das andere mit einer Fortleitungsröhre *e* verbunden (**Schäffler's** Apparat zu Neustadt [6]), **Pilze'sche** Rundöfen auf den Oberharzer Bleihütten).

Zur **Georg Marienhütte** [7]) ragt ein weites Centralrohr 2.8 m tief in den cylindrischen freistehenden Ofenschacht und ist unter den vier Abzweigröhren mit einem vertical geführten Ventil zur etwa erforderlichen Ableitung der Gase in die Luft versehen.

1) B. u. h. Ztg. 1864, S. 286. 2) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1863, S. 433. B. u. h. Ztg. 1864, S. 132. 3) B. u. h. Ztg. 1870, Taf. 11, Fig. 1 u. 2. 4) v. Kerpely, Eisenhüttenwesen in Ungarn 1872, S. 181. 5) B. u. h. Ztg. 1858, S. 263; 1862, S. 379. Dingl. 161, 355. 6) B. u. h. Ztg. 1860, S. 333. 502. 7) v. Kerpely, Eisen auf der Wiener Ausst., S. 42.

Zu Givors[1]) (Rhone) hat man in die Gicht einen Vertheilungskegel eingesetzt, welcher nach unten an einen hohlen erweiterten Conus anschliesst. In diesen treten die Gase und werden seitlich durch ein Rohr, durch das Ofengemäuer hindurch, abgeleitet.

Fig. 74.



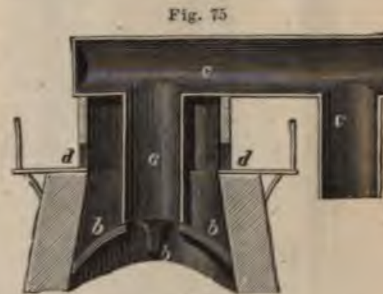
In ähnlicher Weise senkt Minary[2]) einen hohlen Doppelkegel in die Gicht ein, dessen unterer durchlöcherter Theil die Gase aufnimmt und daraus seitlich abführt.

Da die Eisencylinder leicht beschädigt werden, so hat man zu Ulverstone[3]) statt derselben in die Gichtöffnung einen mit Blech ausgefütterten, auf einem Gurtengewölbe *b* (Fig. 75) aufgemauerten Cylinder *a* von 1.37 m Weite 1.83 m tief eingesenkt, welcher 1.52 m über der Gicht in die Gasabführungsröhre *c* mündet, in welche die Gase eingesaugt werden.

Coingt's Aufgeber.

Die Gicht ist bei den Apparaten dieser Art entweder offen oder mit einfacher ringförmiger Glocke versehen, welche beim Chargiren aufgezogen wird. Coingt[4]) hat 1856 um die centrale Gasableitungsröhre ein ringförmiges Ventil gelegt, welches die Gicht verschliesst und gleichzeitig selbstthätig eine gleichmässige Verbreitung der Beschickung beim Chargiren sowohl nach der Mitte als nach dem Rande zu bewirkt. Dieser zu Aubin zuerst angewandte Apparat ist zu Montluçon[5]) wesentlich verbessert. Wegen complicirter Einrichtung hat dieser Apparat keine allgemeinere Anwendung gefunden, trotz seiner Wirksamkeit.

Fig. 75



Centr. u. tangentiale Gasfänge.

3) Combinirte centrale und tangentiale Gasfänge. Dieselben tragen besonders bei weiten Ofengichten zu einer gleichmässigen Gasentziehung bei und empfehlen sich namentlich bei grosser, ein häufiges Chargiren erfordernder Production, sowie bei Schmelzgut von mittlerer Korngrösse. Die Apparate sind wandelbarer als vorstehende einfachere Gasfänge.

Beispiele.

Gasfänge von Ebeling[6]) und Bussius.[7]) Der eingehängte Cylinder hat ein unten offenes hohles Kreuz (Arme), in welches die Gase eintreten und sich dann mit den an den Wänden hinter dem Cylinder aufgestiegenen vereinigen, um seitlich (Ebeling) oder durch ein Rohr in der Mitte (Bussius) abgeführt zu werden.

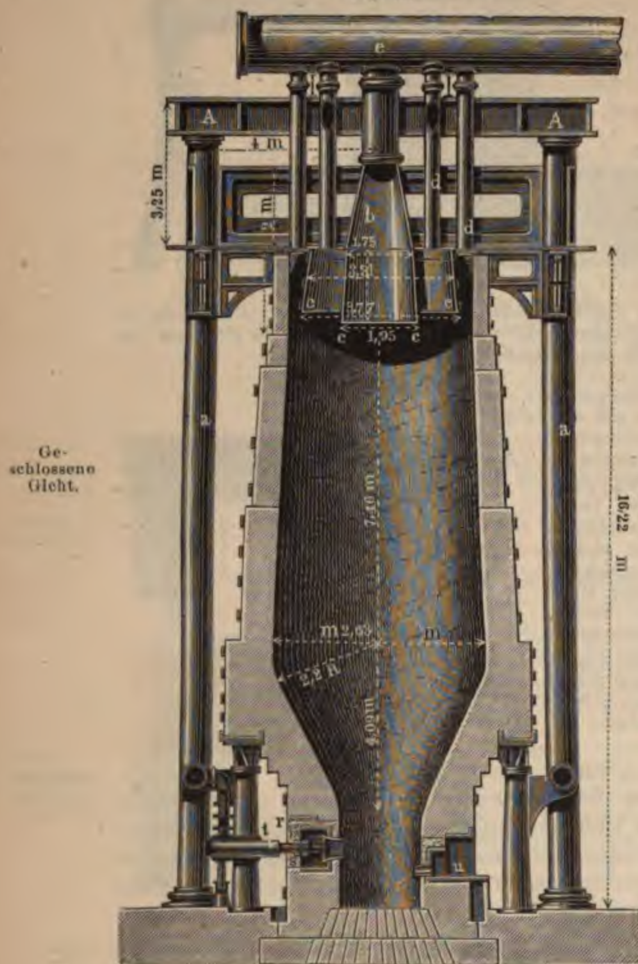
Whitwell's Apparat.[8]) Ein centrales Rohr ist oberhalb der Gicht durch zwei geneigte Rohre mit den tangentialen Gasableitungsröhren ausserhalb des Schachtes verbunden.

---

1) B. u. h. Ztg. 1864, S. 288; 1865, S. 224. 2) B. u. h. Ztg. 1866, S. 454. 3) v. Tunner's Ber. über die Londoner Industrie-Ausst. v. 1862, S. 31. B. u. h. Ztg. 1862, S. 379; 1863, S. 156; 1864, S. 287. 288. Preuss. Ztschr. 14, 307. Dingl. 184, 536. 4) B. u. h. Ztg. 1857, S. 350; 1864, S. 258. 287. 288; 1865, S. 224. 5) Dingl. 184, 536. 6) B. u. h. Ztg. 1861, S. 101. 7) B. u. h. Ztg. 1862 S. 87. 8) v. Kerpely, Eisen auf der Wien. Ausst. 1873, S. 43.

Ilseder Apparat[1]) (Fig. 76). Ein centrales Rohr *bcc*, sowie sechs an der Peripherie hinter dem Chargircylinder *c'* angebrachte Rohrstutzen *d* münden in ein oberhalb der Gicht liegendes Sammelrohr *e*. Aehnliche Apparate finden sich zur Burbacher Hütte, zu Mühlheim a. d. R., in Lothringen (Esch, Dommeldingen).

Fig. 76.



In dem Goedeken'schen Apparat ziehen die Gase durch ein Centralrohr in ein horizontales Rohr oberhalb der Gicht, dann in ein verticales, wo sie den Staub in eine unterirdische Flugstaubkammer fallen lassen, dann aus dem stehenden Rohr durch ein schräges Rohr fortgeleitet werden. Hinter dem eingehängten Cylinder führt eine Röhre die Gase von der Peripherie des Ofens ins verticale Rohr. — Bei Sattler's Gasfang[2]) umspielen die Gichtgase Chargirröhren.

Geschlossene Gicht.

II. Gasfänge bei geschlossener Gicht (universelle Gasfänge). Dieselben veranlassen geringere Gasverluste als diejenigen bei offener Gicht, lassen einen ziemlich dichten Abschluss der Gicht und theilweise das Vorwärmen der Beschickung auf derselben zu und gestatten ein Auffangen der Gase oberhalb der Beschickungssäule, so dass dieselben im Ofen vollständig zur Wirkung gekommen sind. Dagegen geben sie bei nassen Materialien feuchte Gase und man kann nur schwierig zum oberen Schachttheil gelangen (ausser bei Jacobi's Apparat). Zur möglichsten Vermeidung von Gasverlusten und zur passenden Vertheilung der Massen (S. 149) sind diese Gasfänge meist mit selbstthätigen mechanischen Chargirvorrichtungen versehen und die Gase werden bald aus der Mitte der Gicht, bald von der Peripherie abgeleitet, was für den Ofengang gleichgiltig zu sein scheint, wenn die Gase nur bei hinreichend weiten Gasleitungen eine passende Pressung

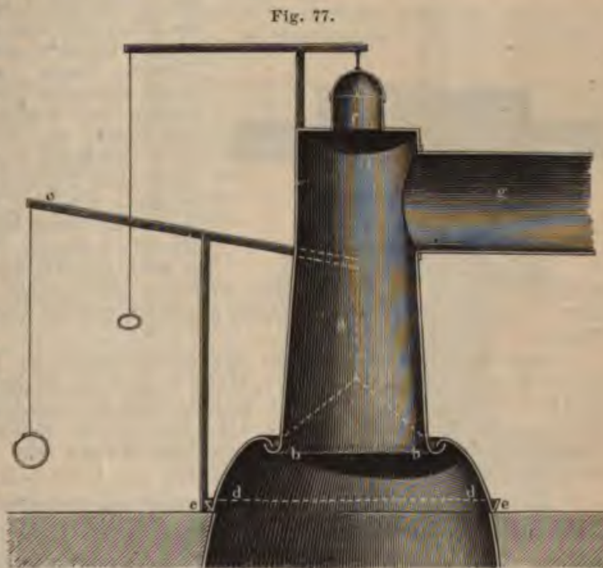
1) v. Kerpely, Eisen auf der Wiener Ausstell. 1873, S. 40. 2) B. u. h. Ztg. 1879, S. 12.

(S. 149) und davon abhängig eine gewisse Geschwindigkeit besitzen, welche letztere 7.8—9.5 m pro Secunde nicht übersteigen darf, damit der Flugstaub sich möglichst vollständig absetzen kann.

1) Gasfänge ohne selbstthätige Chargirung (Glockenapparate). Die Gicht ist entweder bis auf das centrale Gasableitungsrohr mit einem Deckel oder einer Glocke geschlossen (Langen's älterer Apparat, Neunkirchen) oder ein mit Glocke versehener Cylinder ist in die Gicht eingehängt, hinter welchem die Gichtgase abziehen (Halberger Hütte), oder die Gase steigen durch ein Centralrohr auf (Unterwellenborn und Rosenberg in Bayern). Das Chargiren geschieht entweder durch mit nach Innen schlagenden Klappen geschlossene Oeffnungen an der Deckelperipherie (Oakes 1857) oder ringsum mit Wagen nach dem Aufziehen der Glocke (Langen's älterer Apparat von 1861, Neunkirchen) oder des Deckels (Turley's Gichthut von 1860), wo sich dann beim Heben der Glocke das Gasableitungsrohr selbstthätig schliessen kann, oder man schiebt nach gehobener Glocke den Gichtwagen mit conischem Boden auf Schienen über die Gicht (Stieringen). Whrigston[1]) hebt und senkt den Gichthut mittelst hydraulischen Druckes. Glockenapparate.

Oakes Gasfang[2]) (1857) mit festem Gasabführungscylinder in der Mitte der Gichtöffnung, um welchen herum in der Deckplatte um Charniere nach unten bewegliche Klappen behuf des Chargirens sich befinden. Die Klappen hängen an über Rollen gehenden Ketten mit Gegengewichten. Beispiele.

Fig. 77.



Turley's Gichthut[3]) (1860), ein in der Mitte mit einem Gasableitungsrohr versehener Gichtdeckel, dessen Rand sich in einer Rinne mit Sand dichtet. Beim Aufziehen des Deckels mittelst Ketten schiebt sich das Ableitungsrohr fernrohrartig in einem Stutzen mit seitlichem Gasabzugsrohr in die Höhe und verschliesst hierbei letzteres, wo dann die Gase durch ein geöffnetes Ventil im Deckel des Stutzens entweichen.

Aeltere v. Hoff'sche Apparate zu Hörde (1861). Um das in der Mitte der Gichtöffnung feststehende Gasabführungsrohr ist ein ringförmiger Gichtdeckel mit vier nach oben aufziehbaren Klappen auf Rollen beweglich. Man öffnet immer

1) B. u. h. Ztg. 1871, S. 355. 2) Percy-Wedding's Eisenhüttenkunde 2, 345. 3) B. u. h. Ztg. 1860, S. 158.

nur eine Klappe und dreht den Deckel, wenn nach einander durch alle vier Oeffnungen aufgegichtet ist, um 45°, wodurch das Aufgeben so gleichförmig geschieht, als wenn acht Klappen vorhanden wären.[1]) Diese Construction ist dann später dadurch vereinfacht, dass man den unter Wasserverschluss befindlichen Deckel beim Chargiren durch die Klappen nicht mehr dreht.[2])

Bei Wollheim's Apparat[3]) ist ein unter Wasserverschluss auf Rollen drehbarer Gichtdeckel mit einem doppelt verschliessbaren Chargirgefäss combinirt.

Langen's älterer Gasfang[4]) (1861). Ein feststehendes Gasabführungsrohr *a* (Fig. 77) 0.63—0.94 m. oberhalb der Gichtmündung mit ringsum gehendem, mit Wasser oder Asche gefüllten Canal *b* am unteren Ende, in welchen die mittelst Hebelvorrichtung *c* aufzuziehende Glocke *d* mit ihrem oben umgebogenen Rande eingreift. Der untere Rand derselben schliesst sich an einen conischen die Gicht umgebenden Ring *e* an. Behuf des Chargirens wird die Glocke gehoben. Man hat auch wohl dem Gasrohre die Weite der ganzen Gicht gegeben.[5]) *f* Sicherheitsventil. *g* Gasabführungsrohr.

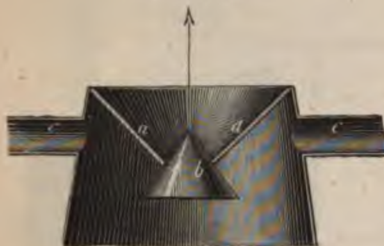
Selbstthätige Chargirung.

2) Gasfänge mit selbstthätiger Chargirung. Denselben liegt meist der aus dem Jahre 1850 stammende Parry'sche Trichter zu Grunde, welcher, mehrfach modificirt, bei grosser Einfachheit ein bequemes und schnelles Chargiren zulässt, namentlich wenn man das Gegengewicht mit einer kleinen hydraulischen Pumpe lüftet (Nordengland).

Beispiele. Parry's Trichter.

α) Tangentiale Gasentziehung. Parry'scher Trichter[6]) (Fig. 78). *a* Trichter von Gusseisen. *b* hohler Kegel, mittelst einer über einen doppelarmigen Hebel gehenden Kette zu heben und zu senken. Das gezahnte Segment am hinteren Theile des Hebels greift in ein durch die Hand mit oder ohne Uebersetzung bewegtes Getriebe ein. Die in den ringförmigen Raum zwischen Trichter und Kegel gestürzte Beschickung rutscht beim Senken des Kegels nach der Peripherie des Ofens, von wo die dickeren Stücke nach der Mitte rollen. Die Gase werden unter dem Trichter seitlich durch *c* abgeleitet. Um bei etwaigem Reissen der Kette den Conus leicht aus dem Ofen entfernen zu können, lässt man den Trichter *a* unter dichtem Anschluss an eine Lasche in die Gicht ein, so dass derselbe an Haken nöthigenfalls emporgehoben werden kann. Von der Neigung des Kegels hängt die richtige Lage der Beschickung im Ofen ab.

Fig. 78.



Eine ähnliche Wirkung wie der Abrutschkegel im Parry'schen Trichter haben Gichtwagen mit beweglichem Conus im Boden[7]) und ein feststehender Kegel in der Gicht mit darauf auf- und niederschiebbarem Cylinder[8]) (Teleskopenapparat), wie er auf englischen Hütten (Blaina, Cwn-Celyn) in Anwendung gekommen. Der Parry'sche Trichter ist aber einfacher eingerichtet als der letztere Apparat.

Teleskopenapparat.

Modificationen des Parry'schen App.

Die an dem Parry'schen Trichter vorgenommenen Modificationen beziehen sich auf den Mechanismus zum Heben und Senken des Kegels (Bell's Vorrichtung[9]), Regulirung zu Bochum mit schwer erstarrender Flüssigkeit); oder auf die Anbringung eines Deckels auf

1) B. u. h. Ztg. 1863, S. 167. Schönfelder, bauliche Anlagen u. s. w., 1. Jahrg., 1. Lief. 2) B. u. h. Ztg. 1864, S. 132. 3) D. R. P. 1878, No. 3511. 4) B. u. h. Ztg. 1862, S. 227. 376; 1864, S. 259. Dingl. 165, 25. Hupfeld-Schermeng, Hohofenanlagen zu Kreuzthal bei Siegen 1871, Taf. 2. 5) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1862, S. 463. 6) B. u. h. Ztg. 1859, S. 107; 1862, S. 245; 1864, S. 132. 237. 258; 1869, S. 277; 1870, S. 27. Dingl. 151, 35. Polyt. Centr. 1853, S. 988. 7) Leoben. Jahrb. 1, 151; 2, 195. 8) Leoben. Jahrb. 2, 203. Kerl, Met. 1, 312. Kärnthn. Ztschr. 1876, No. 5—8 (Lattmann). 9) B. u. h. Ztg 1873, S. 125.

dem Trichter ohne (v. Hoff) oder mit Chargirklappen (Cochrane[1]), Wiemer[2]), Frew[3]) zur Verminderung der Gasverluste beim Chargiren; oder auf eine solche Dimension des Kegels, dass er sich unter und über die untere Oeffnung des Trichters stellen lässt und dadurch ein Chargiren sowohl nach der Mitte als nach der Peripherie hin, sowie die Zugängigkeit zum Innern der Gicht gestattet (v. Kerpely[4]), Jacobi[5]); oder auf die Verbindung des Kegels mit einem Einhängecylinder (Bochum, Hayange, Ottange, Pont à Mousson bei seitlicher, zu Ars bei centraler Gasabführung); oder auf die Gasabführung durch den hohlen Kegel (v. Hoff, Pion).

Fig. 79.



v. Hoff's Apparat.

β) Centrale Gasentziehung. v. Hoff's neuerer Apparat[6]) (Fig. 79): *a* hohler Conus mit Gasrohr *b*, welches sich beim Senken des Conus *a* behuf des Chargirens im Rohre *c* teleskopartig auf und nieder bewegen lässt. *d* Trichter, mit einer Glocke *e* überdeckt, welche zum Füllen des Zwischenraumes zwischen Trichter und Kegel gehoben wird und mit ihrem unteren und oberen Rande sich unter Wasserverschluss befindet. Beim Chargiren wird zunächst die Glocke *e* gehoben, dann die Beschickung eingestürzt, die Glocke niedergelassen und der Kegel *a* gesenkt, wo dann der Gasverlust auf ein Minimum beschränkt wird. Dieser Apparat hat vielfach Anwendung gefunden, wobei der Deckel *e* häufig wegbleibt, z. B. zu Hörde[7]), im Siegenschen[8]), auf den Lothringschen Werken zu Ars, bei Pion's Apparat.[9])

Langen's Gasfang.

Langen's Gasfang[10]) (Fig. 80) ist dadurch charakterisirt, dass in einem Trichter — statt dass sich, wie bei Parry's, v. Hoff's und Pion's Apparat, ein Kegel nach unten bewegt — eine cylindrische Glocke gehoben wird, wobei die Beschickung nicht so scharf nach den Wänden hinrollt, was von Einigen behuf regelmässigen Niederganges der Gichten für zweckmässig erachtet wird, weshalb man hier und da, z. B. im Siegenschen, Langen'sche Apparate mit der v. Hoff-schen Modification (S. 157) vorzieht. *a* gusseiserne Platte mit aufgenietetem Trichter *b*, in welchem sich die cylindrische, mit angenieteter Blechgarnitur *c* versehene Glocke *d* mittelst eines Hebels um die Gasabführungsrohre *e* mit Sicherheitsventil *f* in die Höhe ziehen lässt, wenn die in dem Trichter befindliche Charge in den Ofen abgelassen werden soll. *g* Gasableitungsröhre mit Reinigungs- und Sicherheitsklappe. *h* Rohr, als Stütze und Sicherheitsrohr dienend. Von dem Ende des Hebels zum Aufziehen der Glocke ab geht eine Schnur über eine Rolle zu einem Ventildeckel, welcher beim Chargiren, also beim Aufziehen der Glocke sich schliesst, so dass keine Luft in das Gasableitungsrohr gelangen kann.

Fig. 80.

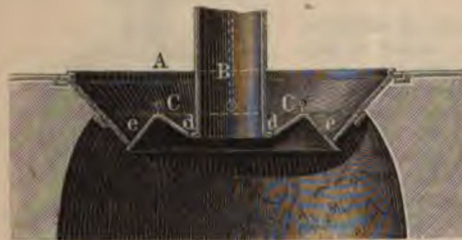


1) v. Kerpely, Fortschr. 7, 122. B. u. h. Ztg. 1861, S. 407; 1862, S. 264. 2) B. u. h. Ztg. 1875, S. 251. 3) Dingl. 228, 326. 4) B. u. h. Ztg. 1868, S. 115. 5) B. u. h. Ztg. 1869, S. 277; 1870, S. 377; 1871, S. 284. 6) B. u. h. Ztg. 1864, S. 132. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1863, S. 437. 7) B. u. h. Ztg. 1864, S. 132. 8) B. u. h. Ztg. 1868, S. 410. v. Kerpely, Eisen auf d. Wien. Ausst. 1873, Taf. 4, Fig. 8. 9) B. u. h. Ztg. 1864, S. 287. 10) B. u. h. Ztg. 1865, S. 395; 1868, S. 409; 1869, S. 277. Knut-Styffe's Bericht über die neuesten Fortschr. d. Eisenhüttenwesens. Uebers. v. Tunner 1868, S. 7.

Langen'sche Apparate sind u. A. in Anwendung im Siegerland [1], in Oberschlesien [2], Pirna, Ilsede, Ars u. s. w. Als Modificationen derselben kommen vor: seitliche Ableitung der Gase (Karcher und Westermann bei Ars). In Kladno verursachte der Langen'sche Apparat in Vergleichung zum Jacobi'schen [3] (S. 159) doppelte Kosten bei stärkerer Abnutzung. In Rheinland-Westphalen verwendet man Langen'sche Apparate bis zu 2.51 m Gichtweite, bei weiteren Gichten Parry'sche Trichter, wohl mit der v. Hoff'schen Modification. Buderus [4]) erreicht mit einer Combination des v. Hoff'schen und Langen'schen Apparates durch abwechselndes Heben und Senken eines conischen Ringes unter oder über das Niveau der Langen'schen Glocke die Regelung der Beschickung ganz nach Belieben.

Zur gleichmässigeren Vertheilung der Beschickung bei weiten Gichten hat Langen [5]) unterhalb des Chargirtrichters verstellbare Vertheilungsschieber angebracht, wodurch aber die Construction complicirter wird. — Zu Königshütte in Oberschlesien hat man Langen'sche Gasfänge mit seitlicher Gasableitung und befindet sich diese Einrichtung auch am Pilz'schen Bleiofen in Freiberg. [6])

Fig. 81.



Navay's Apparat.

*Navay's Apparat [7]) für centrale Aufgichtung des Brennmaterials (Fig. 81): *A* Chargirtrichter. *B* festes Gasableitungsrohr. *C* auf und ab beweglicher conischer Hut bei folgender Manipulationsweise: Einstürzen von Brennmaterial in die ringförmige Vertiefung *d* des Hutes *C*, Senken des letzteren, wobei das Brennmaterial in die Ofenmitte fällt, Zurückziehen des Hutes in seine ursprüngliche Stellung, Füllen des Raumes *e* mit Beschickung und Senken des Hutes (Rhonitz).

Bedingungen für die Fortleitung.

49. Fortleitung und Reinigung der Gichtgase. Die Gase müssen bei ihrer Fortleitung zum Orte der Verbrennung den in der Gasleitungsröhre und dem Verbrennungsapparat eintretenden Widerstand überwinden, damit sie nicht den Weg aus der Gicht nehmen. Dieser Widerstand ist geringer, wenn der Ort der Verbrennung sich im Niveau der Gicht befindet, als wenn die Gase auf die Hüttensohle geführt werden müssen, wozu die Beengtheit des Raumes neben der Gicht und bei Windererhitzungsapparaten eine kürzere Windleitung, somit Ersparung an Gebläsekraft die Veranlassung sein kann. [8]) Im letzteren Falle bedarf's einer künstlichen Vorrichtung zur Herabsaugung der Gase nach der Hüttensohle, entweder einer Esse von etwas geringerer Höhe, als die des Hohofens ist, oder eines Saugventilators. Diese Apparate dürfen den Gasen aber nur eine mittelst Registers zu regulirende Geschwindigkeit geben, welche diejenige nur wenig übertrifft, mit welcher die Gase ohne weitere Aufsaugung aus der Gicht frei austreten würden. Wo sich die Widerstände in den Leitungen häufen, z. B. bei mit Whitwell-Apparaten versehenen Oefen, kommen indes zuweilen Essen von 4—5 m Weite und bis 50 m Höhe vor.

Geschwindigkeit der Gase.

1) B. u. h. Ztg. 1865, S. 395; 1868, S. 409; 1869, S. 277; 1872, S. 337. v. Kerpely, Eisen auf d. Wien. Ausst. 1873, Taf. 4, Fig. 8. 2) Berggeist 1869, S. 303. 3) B. u. h. Ztg. 1867, S. 362. 4) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 18, 670. 5) B. u. h. Ztg. 1867, S. 362. 6) B. u. h. Ztg. 1869, Taf. 9, Fig. 14. 7) v. Kerpely, Eisen auf d. Wien. Ausst., S. 42. Engin. *and min. Journ.* New-York 1874. Vol. 17, No. 8. 8) B. u. h. Ztg. 1860, S. 131. Berechnung *Druckes heisser Gase* in B. u. h. Ztg. 1872, S. 113; 1874, S. 136.

Von den Nachtheilen einer zu grossen Geschwindigkeit der Gase war bereits (S. 155) die Rede und einer solchen sind die ungünstigen Resultate, welche man früher bei der Gasentziehung häufiger bemerkt hat, grossentheils zuzuschreiben. Aber auch eine zu geringe Geschwindigkeit der Gase, also eine geringere Dichtigkeit derselben in den Röhrenleitungen ist schädlich und führt leicht, so wie eine zu grosse Geschwindigkeit zu Explosionen [1]), welche dadurch veranlasst werden, dass sich Luft mit den Gasen zu einem explosiblen Gemisch vereinigt, welches beim Entzünden grosse Verheerungen anrichten kann. Während in beiden Fällen Luft durch die Gicht und undichte Stellen angesogen wird, bei zu geringer Gasdichtigkeit auch Luft aus dem Verbrennungsapparat auf der Hüttensohle zurücktreten kann, so muss man dem Gasstrom eine etwas grössere Pressung, als die der Luft, geben, wo dann das Gas statt gesogen aus dem Ofen herausgedrückt wird (S. 149). Damit beim Chargiren keine Luft in die Gasabführungsrohre eindringt, ist häufig die Vorrichtung getroffen, dass beim Senken des Chargirkegels oder dem Heben der Chargirglocke durch ein selbstthätiges Ventil sich die Gasabführungsröhre schliesst (Apparate von Turley, Langen).

Explosionen u. deren Verhütung.

Da aber trotz aller Vorsicht doch Explosionen eintreten können, z. B. durch zu rasches Niederlassen des Gichtdeckels, und hierbei die mehr oder weniger zweckmässige Einrichtung des Gasfanges influirt, so sucht man dieselben bei hinreichend (1.5—1.8 m) weiten Röhren durch passendes Anbringen von gusseisernen Sicherheitsventilen (z. B. *f* in Fig. 71, *d* in Fig. 74, *f* in Fig. 77) unschädlich zu machen, welche auch zuweilen in besonderen Fehl- oder Abblaserohren angebracht sind, um z. B. bei verstärktem Betriebe entstandenes überschüssiges Gas abzulassen. Auch die Wasserniveaus der Waschapparate (Fig. 73, g) gleichen Druckdifferenzen aus und schwächen die Explosionen. Namentlich bei seitlicher Gasableitung aus weiten Röhren tritt Luft leichter aus dem Verbrennungsapparat zurück, als bei Gasfängen mit nach oben aus der Mitte der Gicht abgehenden Leitungsröhren, wo dann am obersten Theile des Rohres das Gas einen Abschluss bildet. Bringt man hier ein Ventil an, so lässt sich dieses mittelst einer mit dem Aufgebeapparat in Verbindung gebrachten Hebelvorrichtung beim Chargiren leicht selbstthätig schliessen. Bei Gasfängen mit in die Beschickung eintauchendem Cylinder (S. 151) kann weniger leicht Luft durch die Gichtöffnung zutreten.

Meist befinden sich, wie auch auf englischen Hütten [2]), die mit Mannlöchern zum Reinigen, mit Sicherheitsventilen und mit scheibenförmigen Compensatoren versehenen Röhren über Tage und münden in ein 0.95—1.57 m weites Hauptrohr; selten sind unterirdische Gasleitungscanäle von 2.5 m Höhe und 2.2 m Weite vorhanden. Beim Bestreichen der Röhren mit Seifenwasser lassen sich Undichtigkeiten erkennen.

Wenngleich die Gase allmählich durch Abkühlung, Absetzen von Rauch und condensirten Flüssigkeiten u. s. w. an Volum verlieren, so macht man doch die Leitungsröhren meist gleich weit und den Querschnitt der Hauptleitung etwa so

1) B. u. h. Ztg. 1860, S. 149. Percy-Wedding, Met. 2, 377. 2) Preuss. Ztschr. 14 307.

gross, wie die Summe sämmtlicher in den Feuerungen befindlicher Gasausströmungen. Für die horizontal liegenden und heisseren Leitungstheile nimmt man dickeres Eisenblech (9—10 mm), als für ansteigende oder verticale und kältere (6—8 mm). Durch passend angebrachte Ventile oder Schieber muss sich der Gaszufluss zu den einzelnen Feuerungen reguliren und abstellen lassen.

Verunreinigung der Gichtgase.

Die Heizkraft der Gichtgase wird theils durch Wasserdämpfe, theils durch mechanisch mitgerissene Beschickungs- und Brennmaterialtheilchen im unzersetzten oder veränderten Zustande (Gichtstaub, Gichtrauch, Gichtsand) herabgestimmt (S. 147).

Zusammensetzung des Gichtstaubes.

Wie aus im Grundriss der Eisenhüttenkunde mitgetheilten Analysen hervorgeht, enthält dieser Gichtstaub hauptsächlich Eisenoxyd, Kieselsäure, Thonerde, alkalische Erden und Alkalien, sowie auch zuweilen viel Zinkoxyd, mehr oder weniger Bleioxyd u. A. in sehr wechselnden Verhältnissen. Bei Anwendung roher Brennstoffe (Steinkohlen, Anthracit) können noch Destillationsproducte derselben hinzutreten. Das Zinkoxyd haftet, namentlich wenn die Gase aus unteren Ofentheilen entnommen, denselben stark an und setzt sich oft noch am Ende der Röhrenleitung, zuweilen noch im Verbrennungsapparat ab. Die Befürchtung, dass bei zinkischen Erzen eine Verstopfung der Gascanäle durch Zinkschwammbildung eintreten würde, ist nicht eingetroffen, vielmehr hat sich eine solche Bildung durch die Gasentziehung vermindert und das Zinkoxyd setzt sich pulverförmig ab.

Reinigung der Gase.

Zur Reinigung der Gase dienen ausser durch in der Leitung angebrachte Fahrlöcher:

1) Trockene Reiniger und zwar:

a) Ansteigende (Fig. 69) oder verticale Canäle (Fig. 79, 80) von der Gicht aus, welche einen grossen Theil des Flugstaubes in den Ofen zurückfallen machen. Sind horizontale Röhren erforderlich, so müssen Reinigungsklappen an passenden Stellen angebracht werden (Fig. 71, 80), namentlich bei einem gemeinschaftlichen Sammelrohr hinter mehreren Hohöfen. Die Sicherheitsventile können häufig zu diesem Zwecke benutzt werden. Die Reinigung geschieht mittelst Bürsten, durch die Röhren geleiteten Wassers oder bei weiteren Röhren durch hineingeschickte Kinder.

b) Die nach der Hüttensohle führenden verticalen Ableitungsrohre macht man hinreichend (0.5—1 m) weit oder ersetzt sie auch wohl durch einen gemauerten Thurm [1]), damit die Gase in Folge verminderter Geschwindigkeit den Gichtstaub leichter fallen lassen.

Beispiele.

Man befördert dessen Absatz bei langen Leitungsröhren, welche eine hinreichende Verdichtung der Wasserdämpfe zulassen und deshalb eine Anwendung von Kühlwasser nicht erfordern, durch Anbringen eines Staubsackes am Ende der verticalen Röhre, entweder ein etwa 2.51 m langer und 1.26 m hoher Kasten *a* (Fig. 82) mit nicht bis zum Boden gehender Scheidewand *b*, in dessen eine Abtheilung die Gase von oben herab gelangen und in der anderen aufsteigen, um dann durch eine geneigte oder verticale Röhre mit Knie dem Orte ihrer Bestimmung zugeführt zu werden. Auch verbindet man wohl nur die vom Hohofen kommende verticale Röhre *a* (Fig. 83) nahe über der Mündung durch eine kurze horizontale *b* mit einer wieder aufsteigenden *c*, und bringt an dem unteren Ende der verticalen Röhren durch Gegengewichte geschlossene Reinigungsklappen *d* an.

Staubsäcke.

Fig. 82.



Fig. 83.



1) B. u. h. Ztg. 1866, S. 138. v. Kerpely, Eisenhüttenwes. in Ungarn, S. 182.

Zu Esch in Luxemburg steigen die Gase in einer Röhre herab, lassen in deren Untertheil den Staub fallen und ziehen durch ein ansteigendes Rohr aus der Mitte der ersteren empor in eine stehende Röhre und fallen dann in dieser nach unten. Auf dem Lothringer Eisenwerk bei Ars führt die stehende Gasleitungsröhre in einen weiten horizontalen Cylinder, aus welchem die Gase durch ein fast durch den ganzen Cylinder hindurchgehendes Horizontalrohr entweichen, wo dann der Staub durch ein Verticalrohr im Cylinder in einen Waschkasten fällt. Zu Hayange lässt man den Staub nach Oeffnung der Verschlussklappe im stehenden Rohr in einen Wagen fallen. — Ein Theergehalt der Gase kann die Trockenreiniger verschmieren.[1]) In den Leitungsröhren abgesetztes Wasser lässt sich dadurch ableiten, dass man an einer passenden Stelle ein verticales Rohr anbringt, welchem sich ein engeres aufsteigendes und zuletzt wieder nach unten sich krümmendes anschliesst. Man füllt in das weitere Rohr etwa 10 mm hoch Oel, welches den Verschluss bildet und das Wasser durch sich hindurchsinken lässt, so dass dasselbe zum Abfluss gelangen kann.

2) Nasse Gasreiniger oder Waschvorrichtungen hauptsächlich zur Condensation von Wasserdampf und Destillationsproducten, aber auch zur Entfernung von Gichtstaub. Durch die Berührung mit Wasser werden die Gase zwar abgekühlt, brennen aber um so intensiver, je mehr ein Wasserdampfgehalt durch Herabstimmung der Temperatur entfernt ist. Man leitet die Gase seltener durch als über Wasser, weil in ersterem Falle in Folge veränderten Druckes ein ungleichförmiges Ausströmen derselben erfolgt. Aus gleichem Grunde hat Vaughan's[2]) Vorschlag, die mit Wasserdampf gemischten Gase eine feucht gehaltene Cokessäule passiren zu lassen, eine weitere Berücksichtigung nicht gefunden. Wirkungsweise.

Es lassen sich unterscheiden und je nach der vorhandenen Räumlichkeit, der Ofengrösse u. s. w. benutzen: Beispiele.

a) Liegende Waschapparate, und zwar

α) von der Einrichtung der Wasserregulatoren[3]) (Fig. 84, steyerscher Apparat). *a* Gaszuführungs- und *b* Gasableitungsrohr von 328 mm Weite, beide mit Sicherheits- und Reinigungsklappen *c*. *d* Reinigungskasten von 1.49 m Länge und 0.52 m Höhe, in den 0.55 m hohen Wasserkasten *e* eintauchend, von dessen Boden, welcher wohl eine rinnenartige Gestalt erhält, der abgesetzte Gichtstaub von Zeit zu Zeit ausgezogen wird. Zu Horowitz[4]) fliesst durch den 7.54 m langen und 1.1 m weiten Waschkasten fortwährend ein Strom kalten Wassers. In Rhonitz[5]) befinden sich zwischen Gicht und als Trockenreiniger dienendem Thurm Waschkästen mit Wasserverschluss und auf- und absteigenden Fächern. Bei Büttgenbach's Hohofen (Fig. 73) werden die Gase in einem Waschkasten *g* über eine Wasserfläche geleitet, ähnlich wie beim Lothringer Apparat.

Fig. 84.



Fig. 85.



β) *S* oder lothringischer Apparat[6]) (Fig. 85, z. B. zu Tarnowitzer Hütte), ein etwa 8 m langer und $1^1/_2$ m weiter Blechcylinder *a*, an der untern Seite bei *b* offen und mit aufgebogenem Rande *c* zur Aufnahme von Wasser. *d* und *e* Verschlüsse zu Reparaturen und als Sicherheitsventile wirkend. Die Gase, aus dem Rohr *f* vom Hohofen herkommend, streichen von einem bis zum andern Ende über die Wasserfläche hin und der Gichtstaub lässt sich bequemer, als beim vorigen Apparat ausräumen.

---

1) v. Kerpely, Eisenhüttenwesen in Ungarn, S. 182. 2) Mining Journ. 1862, S. 1395. 3) B. u. h. Ztg. 1860, S. 148. Rittinger's Erfahr. 1858, S. 31. 4) B. u. h. Ztg. 1873, S. 38. 5) v. Kerpely, Eisenhüttenwesen in Ungarn, S. 182. 6) Percy-Wedding's Met. 2, 355. Schönfelder, bauliche Anlagen. 1. Jahrg., 2. Lief., Taf. 11. B. u. h. Ztg. 1868, S. 403.

Das Wasser dient gleichzeitig als Sicherheitsventil und es kann ein gemeinschaftliches Rohr für mehrere neben einander stehende Oefen als Hauptsammelrohr und Druckregulator functioniren. Man schaltet auch wohl kleinere Apparate dieser Art zwischen Hohofen und Verbrennungsraum an höheren Theilen der Gasleitung ein (Johannishütte bei Duisburg).

γ) Lundin's Condensator, welcher später bei den Generatorgasen weiter erwähnt werden soll, ist für die Gasreinigung besonders wirksam. [1])

b) Stehende Waschapparate. [2]) Dieselben gestatten ein bequemes Ablassen des niedergeschlagenen Gichtstaubes. Langen's Construction (Fig. 86) zu Laurahütte in Oberschlesien besteht aus zwei concentrischen Eisenblechröhren *a* u. *b*, von denen die äussere 3.148 m weite *b* in einem mit Wasser gefüllten Spitzkasten *c* steht. Die Gase steigen in der innern 0.942 m weiten Röhre *a* bis 0.157 m über dem Wasserspiegel nieder und nun in der weiten Röhre *b* wieder aufwärts. Unten im Rohr *a* lässt sich ein durch den Boden gehendes Rohr mit Wasserbrause anbringen, so dass die Gase einen starken Wasserregen passiren müssen. Der Flugstaub lässt sich leicht aus der Rinne durch ein am Boden derselben befindliches, durch Klappe verschliessbares Ablassrohr entfernen.

Fig. 86.



In Steyermark hat man mehrere birnförmige Apparate combinirt (Fig. 87). Die durch *a* eintretenden Gase verlieren in den erweiterten Räumen *b* an Geschwindigkeit, setzen den Flugstaub ins Wasser ab und entweichen gereinigt durch *c*.

de Langlede [3]) führt zum Puddeln (S. 144) bestimmte Gichtgase hinter dem Einhängecylinder weg durch einen horizontalen Canal in einen bedeckten Schacht neben der Gicht, dann aus dessen oberem Theil durch ein ansteigendes Rohr, welches in ein über einem Wasserkasten stehendes verticales Rohr mündet. Aus diesem führt ein zweites verticales Rohr in ein geneigtes, welches wieder mit einem verticalen communicirt, in welches oben durch ein enges Rohr Wasser fliesst. Dieses fällt in dem Wasserkasten, auf welchem die letztere verticale Röhre steht, auf eine Bank, zerstäubt und reinigt dabei das Gas, welches noch zwischen nassgehaltenen, in Zwischenräumen über einander gelegten Eisenplatten aufsteigt, um sich durch ein etwas ansteigendes Rohr in den Regenerator zu begeben.

Fig. 87.



Bedingungen dafür.

50. Verbrennung der Gichtgase. [4]) Zur möglichst vollständigen Ausnutzung der Gichtgase bedarf es einer innigen Mischung derselben mit der erforderlichen und mit passender Geschwindigkeit zutretenden Menge Luft, und der Effect kann durch Erhitzen der letzteren noch wesentlich gesteigert werden, indem kalte Luft die Gase abkühlen kann, ehe sie zur Entzündung Zeit gehabt haben. Treffen Luft und Gas zusammen, so tritt nicht sofort eine vollständige Verbrennung ein, sondern nach jedesmaliger hinreichender Abkühlung findet eine Reihe solcher Verbrennungen hinter einander statt, in Folge dessen eine weit längere, einen längeren Verbrennungsraum erfordernde Flamme entsteht, als aus festem Brennmaterial. [5])

Den obigen Bedingungen der vollständigsten Verbrennung der Gase sucht man in nachstehender Weise am besten zu entsprechen:

a) Die Luftmenge regulirt man durch Ventile, Schieber, Reiber u. s. w. und nimmt dabei die Länge, Leuchtkraft und Lebendigkeit der Flamme zum Anhalten. Bei einer vollkommenen Verbrennung ist die Flamme stets kürzer und minder leuchtend als bei einer unvollständigen, und zwar bringt unter sonst gleichen Umständen heisse Luft eine längere Flamme hervor als kalte, indem die verbrannten

1) B. u. h. Ztg. 1870, S. 146. 2) Kerl, Met. 1, 319. Percy-Wedding, Eisenh. 2, 362. 3) B. u. h. Ztg. 1873, S. 196 (mit Abbldg.). 4) Kerl, Met. 1, 319. Percy-Wedding, *Eisenh. 2, 365.* Gruner-Kupelwieser, Abh. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 424. 5) Bunsen *in Pogg. Ann. 101, 161.*

Gase bei der stärkeren Hitze dissociiren (S. 71, 85) und die dabei frei gewordenen brennbaren Bestandtheile abermals verbrennen, während bei kalter Luft eine mindere Dissociation stattfindet. In stark erhitzten Räumen hält sich deshalb die Flamme am längsten. Nach Grossley [1]) braucht man etwas weniger, als 1 Thl. Luft auf 3 Thle. Gas. Je nach der zugeführten Luftmenge kann man eine neutrale, oxydirende und reducirende Flamme erzeugen.

b) Die Mischung von Luft und Gas findet entweder erst in dem zu heizenden Raume statt (Fig. 88, 89) oder in einer besondern die Wärme schlecht leitenden Vorkammer (Fig. 91), wenn es sich um Vermeidung von Stichflammen handelt. Im anderen Falle kann die Vereinigung dadurch geschehen, dass man

α) Gas und Luft in dünnen Schichten in parallelen, alternirenden Strömen aus Düsen ausströmen lässt und sie entzündet (Fig. 89 *a* u. *b* ohne *c*) oder sie über eine Feuerung leitet (Fig. 89 *c*) oder indem man Gas und Luftstrom ohne Weiteres (Fig. 88) oder über einer Feuerung sich kreuzen lässt. Diese Methode wendet man für Gichtgase am häufigsten an, weil sie die Erzeugung mässiger Temperaturen in grossen Räumen zulässt (Winderwärmung, Erzröstung, Dampferzeugung, Kalkbrennen u. s. w.).

β) Gebläseluft in dünnen Strömen in das Gas einbläst. Dieses ursprünglich von Fabre du Faur für Gichtgase angewendete Verfahren ist aus (S. 144) angeführten Gründen meist aufgegeben und nur noch hier und da unter besonderen Verhältnissen in Anwendung (Langlede's Methode, S. 162, Westman's Gasröstofen, Fig. 90), meist wo zur Erzeugung einer hohen Temperatur viel Gas in einem kleinen Raume verbrannt werden muss, was indes auch ohne Gebläseluft durch starkes Vorwärmen von Gas und Luft zu erreichen ist.

c) Geschwindigkeit der Luft. Muss in einem grösseren, mässig zu heizenden Raume eine ausgedehntere Flamme hervorgebracht werden, so ist die Geschwindigkeit schwächer zu nehmen, als wenn in kleineren Räumen die Hitze stark zu concentriren ist.

d) Vorwärmung der Luft. Diese, auch bei Erzeugung minderer Temperaturen für die Verbrennung günstig, geschieht beim blossen Ausströmen durch Düsen durch das Heisswerden derselben, beim Ausströmen über ein Rostfeuer aber direct durch dasselbe oder indem auch überschüssige Luft durch den Rost im Brennmaterial aufsteigt.

e) Vorwärmung von Luft und Gas. Diese gestattet zwar, wie beim Siemens'schen Regenerativverfahren, eine augenblickliche Verbrennung und die Erzeugung einer sehr intensiven Hitze in weiten Ofenräumen, kommt aber für Gichtgase selten in Anwendung (Langlede's Verfahren, S. 162).

Ueber die mehr oder weniger vollständige Verbrennung der Gase und der damit zusammenhängenden Entstehung neutraler, oxydirender und reducirender Flammen giebt nur die Analyse der Verbrennungsgase ein sicheres Mittel und genügt meist zu einer Anstellung derselben der Orsat'sche Apparat (S. 140).

Anzünden der Gase.

Damit durch Ansammlung explosiver Gemische von Gasen und Luft im Verbrennungsraum nicht Explosionen entstehen, darf man die Gase niemals unentzündet in letzteren eintreten lassen. Sollten dennoch durch irgend welchen Umstand Gase in den mit Luft erfüllten Verbrennungsraum eingedrungen sein, so lässt man bei völlig abgeschlossenem Luftzutritt noch eine Zeitlang Gase einströmen, bis ein unexplosibles, zu sauerstoffarmes Gasgemisch entstanden ist, worauf dann die erst bei Rothglühhitze erfolgende Entzündung (S. 147) erfolgen kann. Die Verbrennung wird durch die Hitze des Mauerwerks im Verbrennungsraum oder der Düsen oder durch eine Hilfsfeuerung unterhalten, welche nöthigenfalls bei fehlenden Gasen als Reservefeuerung dienen kann. Die Aschenfallthür muss mit Register zur Regulirung des Luftzutrittes versehen sein oder die Rostfläche sich durch einen Schieber vergrössern oder verkleinern lassen.

1) B. u. h. *Ztg. 1868, S. 43.*

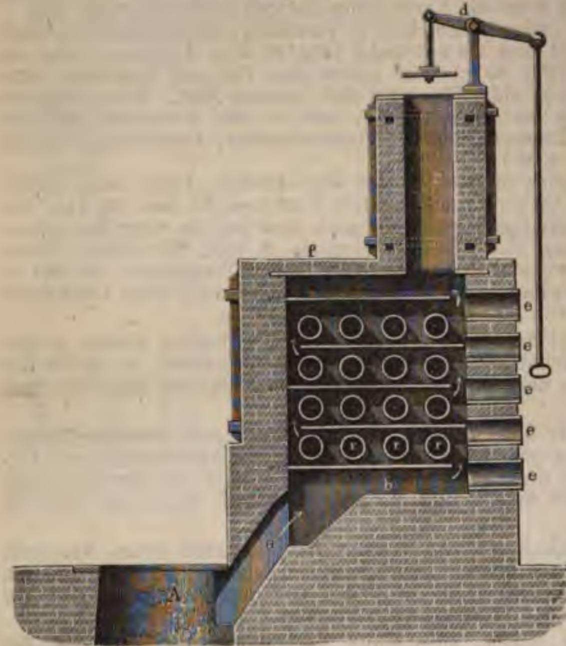
Ort der Verbrennung.

Hinsichtlich des **Ortes der Verbrennung** lässt sich unterscheiden:

1) **Verbrennung der Gase im Apparate selbst.** Dieses einfachere Verfahren kommt in den meisten Fällen zur Anwendung, z. B. für Dampfkesselfeuerungen und Eisenerzröstung, nicht immer für Winderhitzung.

Beispiele.

Fig. 88.



Eine gewöhnliche Vorrichtung bei **Wasseralfinger Winderhitzungsapparaten** (Fig. 88) besteht darin, dass man die Gase aus dem Ofen *A* von unten durch einen Canal *a* in den gemauerten mit Röhren *r* versehenen Raum *b* leitet und durch an der Vorderwand über einander angebrachte, mit Schiebern versehene Oeffnungen *e* den Luftzutritt regulirt. *d* Essenklappe. — **Fillafer's** Eisenerzröstofen (Fig. 88 a) besteht aus mehreren, mit Schienen *i* überlegten und durch Scheidewände *f* getrennten Abtheilungen c, in welche Hohofengase, aus einem Sammelrohr in die Canäle *n* im Mauerwerk *o* geleitet, seitlich durch Schlitze *p* ausströmen, während die Luft aus dem Aschenfall *h* durch den Rost *d* zutritt. Inniger erfolgt die Mengung der Bestandtheile, wenn man die Gase, wie dies z. B. bei **Dampfkesselfeuerungen** üblich, durch eine weitere Röhre *a* (Fig. 89), in welcher die engere mit Reibern versehene Luftzuführungsröhre *b* liegt, über die Hilfsfeuerung *c* hin einführt [1]); oder die Gasröhre liegt in der Luftröhre, oder das Gas strömt aus von Luft umgebenen Düsen aus [2]), oder am häufigsten und einfachsten lässt man zwei Gasströme an beiden Seiten des Hilfsrostes durch verticale oblonge schmale Schlitze eintreten, während die Luft in der Mitte durch stellbare Oeffnungen der Thür zuströmt. Es kann auch das verticale Gaszuführungsrohr wohl mit einer schnabelförmigen Mündung direct auf den Rost münden und dessen Thür mit durch Reiber zu stellenden Luftzuführungsöffnungen versehen sein, oder das Gas durch mehrere seitliche Canäle in horizontaler Richtung über den Rost ziehen, während die Luft durch den Rost tritt. Zuweilen liegen mehrere Luft- und Gascanäle alternirend neben einander, horizontal oder vertical je nach dem Zweck. Weniger vollkommen findet die Verbrennung statt, wenn das Gas durch einen **schnabelartigen**, also **horizontalen Schlitz** über den Rost hinströmt und die Verbrennungsluft durch Oeffnungen auf beiden Seiten des Schlitzes, sowie durch den Rost hinzutritt. [3])

Zu **Anina** [4]) leitet man die Gichtgase oberhalb einer gewöhnlichen Treppenrostfeuerung mit Unterwind für Schlammkohle durch ein Schnabelrohr unter den

1) Sammlung von Zeichnungen für die Hütte 1861, Taf. 15 i. 2) Kerl, Met. 1, 321. B. u. h. Ztg. 1866, S. 138. v. Kerpely, Eisenhüttenwesen in Ungarn, S. 187 (Rhonitz). 3) Kerl, Met. 1, 322. 4) B. u. h. Ztg. 1871, S. 282.

Dampfkessel. — In Theisholz[1]) (Ungarn) gelangt das Gas aus dem Waschkasten in 5 in einem gemauerten Raume liegende durchlöcherte Rohre, über welchen seitlich durchlöcherte Rohre sich befinden, in welche Luft tritt.

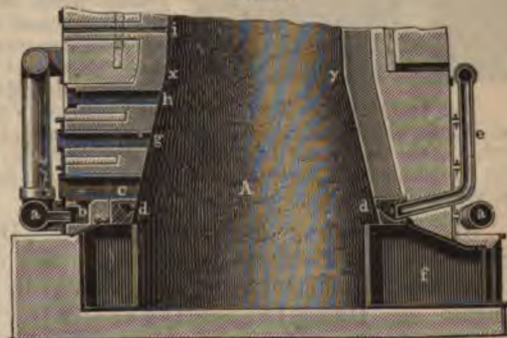
Fig. 88 a.



Fig. 89.



Fig. 90.



Bei Eisenerzröstöfen[2]) geschieht die Zuführung der Gase seltener in der Mitte, als durch röhren- oder schlitzförmige Düsen an der Ofenperipherie in einiger Entfernung über der Sohle, während die Verbrennungsluft durch die Ziehöffnungen, besondere Roste oder besondere Luftzuführungsöffnungen, am zweckmässigsten immer unterhalb des Gases zuströmt, damit sie sich in den heissen abgerösteten Erzen vorwärmt. — In Westman's Eisenerzrostöfen (Fig. 91) kommt behuf Erzeugung höherer Temperaturen Gebläseluft in Anwendung, deren Zutritt sich leicht reguliren lässt. *A* Ofenschacht. *a* Gaszuführungsrohr, aus welchem das Gas ringsum durch verticale Canäle *b* in 12 Gasdüsen ausströmt. *d* hohles kranzförmiges Trageisen, aus *e* mit Gebläseluft gespeist und diese durch 24 kleine Oeffnungen in den Ofenschacht entlassend, während noch Oxydationsluft für Schwefelmetalle durch die

1) B. u. h. Ztg. 1878, Taf. 5, Fig. 24 u. 25. 2) Kerl, Met. 3, 131.

mit Registerthüren verschlossenen Ausziehöffnungen *f* eintritt. *g h* Störcanäle. *i* Schaulöcher.

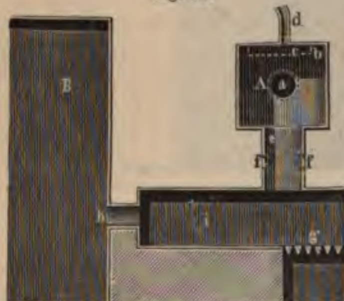
Anwend-arkeit die-ser Me-thode.

2) Verbrennung der Gase in einer Vorkammer (Verbrennungskammer). Dieses Verfahren kommt seltener bei Gasröstöfen[1]) vor, weil die brennenden Gase die Leitung zum Röstofen stark angreifen; dagegen wird dasselbe bei Winderhitzungsapparaten häufig angewandt, um die Metallröhren vor der Stichflamme zu schützen, indem sie dann nur von den verbrennenden Gasen erhitzt werden, desgleichen für Dampfkessel.[2]) Richtet man gleichzeitig die Flamme etwas reducirend ein, so lassen sich die Röhren u. s. w. auch vor Oxydation behüten.

Beispiele.

Die Verbrennungskammer besteht aus einem kleinen Ofenschacht, in welchen die Gase durch eine seitliche Röhre von oben eingeführt sich mit Luft, welche aus viereckigen Oeffnungen des Mauerwerks hinzutritt, mischen, nach unten ziehen, sich an einer Hilfsfeuerung im Boden entzünden und dann durch horizontale Canäle in den Winderhitzungsapparat treten.[3]) — Auch kann man zur Steigerung des Effectes erhitzte Gebläseluft von oben in die Vorkammer leiten[4]) (Fig. 91).

Fig. 91.



A eiserner Kasten, durch eine durchlöcherte Scheidewand *b* in zwei Abtheilungen getheilt. In die untere treten durch eine seitliche Röhre *a* die Gase ein, in die obere *c* aus dem Winderhitzungsapparate in *B* durch *d* zugeleitete Gebläseluft, welche das Gas in feinen Strahlen durchdringt und sich innig damit mischt. Das Gemisch begiebt sich durch den gemauerten Canal *e* nach unten, kann durch seitliche Oeffnungen *f* noch Verbrennungsluft aufnehmen, entzündet sich über der Hilfsfeuerung *g* und gelangt durch mehrere Canäle *h*, welche von dem Hauptcanal *i* gespeist werden, zum Winderhitzungsapparat in *B*. Die Hilfsfeuerung kann auch fehlen und werden dann die Gase durch die Hitze des Mauerwerkes in Brand erhalten.

Auf englischen Hütten[5]) findet man die Verbrennungskammer wohl unter dem Winderhitzungsapparat. An den beiden schmalen Seiten der Kammern tritt durch Canäle zu unterst Luft und darüber Gas ein, beide mischen sich und die beim Verbrennen entstandene heisse Luft gelangt durch Schlitze in der Decke in den Winderhitzungsapparat.

ünstigste Nutzung.

51. Benutzung der Gichtgase.[6]) Diese ist besonders da an ihrem Orte, wo die erzeugte Gasmenge mit deren Verbrauch in einem natürlichen Zusammenhange steht, wie z. B. bei Verwendung der Hohofengase zur Dampfkesselfeuerung[7]), zum Rösten von Erz[8]) und zum Brennen von Zuschlagskalk. Je rascher der Ofen geht, je mehr Gase er also entwickelt, um so mehr Dampf, Erze und Zuschlagskalk sind erforderlich.

ngünsti-ere Nutz-ung.

Weniger günstig zeigt sich die Benutzung der Gase für Puddel- und Schweissöfen[9]), sowie zur Winderhitzung[10]), weil in Folge eingetretenen abnormen Ofenganges die Gase oft gerade in der Periode

1) B. u. h. Ztg. 1852, S. 579. 2) B. u. h. Ztg. 1874, S. 228; 1875, S. 14. 3) Schönfelder, bauliche Anlagen. 3. Jahrg., Taf. 3, Fig. 2—4. Preuss. Ztschr. 14, 308. 4) Sammlung von Zeichnungen für die Hütte 1867. 5) Percy-Wedding's Eisenh. 2, 127. 6) Kerl, Met. 1, 300, 307, 319. B. u. h. Ztg. 1863, S. 68. 7) Sammlung von Zeichnungen für die Hütte 1861, Taf. 151. Kerl, Met. 1, 321. B. u. h. Ztg. 1867, S. 205; 1871, S. 443; 1873, S. 215. 8) Kerl, Met. 1, 320, 405; 3, 131. B. u. h. Ztg. 1867, S. 402; 1869, S. 77. 9) Ann. d. min. 1842, S. 371. Bgwfr. 3, 497; 4, 380, 479; 6, 209, 225, 282; 12, 785. Kerl, Met. 3, 495. 10) Kerl, Met. 1, 320, 322, 323, 642; 3, 280. Percy-Wedding, Met. 2, 126, 369, 371, 376.

sich in geringerer Menge und ärmer an Kohlenoxydgas entwickeln, wo es in jenem Apparate einer grösseren Hitze bedarf. Man versieht deshalb mit Gichtgasen gespeiste Winderhitzungsapparate immer mit einer Reservefeuerung oder benutzt die Gichtgase nur zur Dampfkesselheizung und, wenn sie vorhanden, Gase vom Vercoken der Steinkohlen für die Winderhitzung, z. B. zu Mathildenhütten bei Harzburg.[1])

Auf englischen Hütten[2]) hat man bei mit Gichtgasen geheizten Dampfkesseln die Erfahrung gemacht, dass bei richtiger Luftzuführung 15.7 m vom Punkte der Gaseinführung an alles Gas verzehrt ist, weshalb man auch von der Anwendung 23—25 m langer Kessel immer mehr zu 15—16 m langen übergegangen ist.

Sonstige Anwendung.

Sonstige Anwendungen der Gichtgase von localer Natur in Fällen, wo es auf einen ununterbrochenen Gasstrom und die Erzeugung höchster Temperaturen nicht ankommt, sind noch: zum Kalk- und Ziegelbrennen, zum Trocknen der Giessereiformen, zum Trocknen, Darren und Verkohlen von Brennmaterialien[3]), zur Heizung von Cementstahlöfen[4]) u. s. w.

Absoluter Wärmeeffect.

Der absolute Wärmeeffect der Gichtgase variirt nach ihrer Zusammensetzung. Wenn nach der S. 89 mitgetheilten Tabelle derselbe bei Stein- und Holzkohlengasen 4—5 mal so viel beträgt, als bei Cokesgasen, so hat dieses seinen Grund in deren grösserem Wasserstoffgehalt, dessen Brennkraft über 14 mal so gross als die des Kohlenoxydgases ist. Der pyrometrische Wärmeeffect (S. 84) nimmt mit steigendem Kohlenoxydgasgehalt (S. 83) und vermindertem Wassergehalt zu und lässt sich noch steigern durch Erhitzen der Gase und Verbrennen derselben mit erhitztem Winde.

2. Generatorgase.

Entstehung.

52. Zusammensetzung und Eigenschaften. Die Gasfeuerung[5]) erfordert drei scharf von einander getrennte, aber organisch mit einander verbundene Theile, den Gasgenerator, den Verbrennungsraum und den Zugerreger (Schornstein, Exhaustor, Ventilator, Dampfstrahlgebläse). Die Generatorgase entstehen durch Verbrennung verschiedener Brennstoffe auf dem Roste oder in dem unteren Raume eines damit gefüllten Schachtofens (Gasgenerator), wobei die anfangs vorwaltend gebildete Kohlensäure in der darüber befindlichen Säule glühender Kohlen zu Kohlenoxydgas reducirt wird. Neben dem Stickstoff der Verbrennungsluft enthalten die Generatorgase Wasserstoffgas, durch Einwirkung von Wasserdampf auf die glühenden Kohlen gebildet, sowie leichte und schwere zum Theil theerbildende Kohlenwasserstoffe in Folge einer eingetretenen

---

1) Berggeist 1865, No. 10. 2) B. u. h. Ztg. 1867, S. 205. 3) Kerl, Met. 1, 201. B. u. h. Ztg. 1867, S. 412. 4) B. u. h. Ztg. 1858, S. 119. Zeitschr. d. Oesterr. Ingen.-Ver., Abtheilung für Berg- u. Hüttenwesen, Sitzung vom 5. Febr. 1862. 5) Citate in Kerl's Met. 1, 324. B. u. h. Ztg. 1859, S. 65, 163; 1867, S. 258; 1869, S. 187. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 11, 315. Generatorgase für Explosionsmaschinen in Dingl. 227, 417. Steinmann, Compend. d. Gasfeuerung. 2. Aufl. Freiberg 1876. Stegmann, Gasfeuerung und Gasöfen. Berlin 1877. Ramdohr, Gasfeuerung, 1. Thl. Halle 1875 (Fichet'sches System); 2. Thl. 1877. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878, No. 21, 25. Oest. Ztschr. 1878, No. 40. Lencauchez, étude sur les combustibles et sur leur emploi au chauffage par les gaz. Paris 1878 (mit Atlas).

trocknen Destillation roher Brennstoffe. Auf die Zusammensetzung der Gase ist u. A. von Einfluss die Menge der zugeführten Luft, die Qualität des Brennstoffes (Kohlenstoffgehalt, Dichtigkeit, Dicke der Schicht u. s. w.), der Ort der Gasabführung im Generator u. s. w. und kann danach der Gehalt der Gase an nicht nutzbarer Kohlensäure[1]) mehr oder weniger schwanken.

Bei zu reichlicher Luftzuführung werden die Gase reicher an Kohlensäure und Wasserdampf, weshalb man dieselbe so weit beschränkt, dass sich möglichst nur Kohlenoxyd bildet und bei wasserstoffreichen Brennstoffen vermindert man den Luftzutritt noch mehr, damit sich statt Wasserdampfes mehr Kohlenwasserstoffe erzeugen. Trotz aller Vorsicht hinsichtlich der Luftzuführung finden sich in den Gasen neben $^1/_2$ bis fast $^2/_3$ Stickstoff meist 6—10 Volumprocente Kohlensäure und merklich Wasserdampf. Eine reichliche Luftzuführung empfiehlt sich in dem Falle, dass eine nur niedrige Temperatur erzeugt werden soll. Man verbrennt alsdann die Gase in einer separaten Kammer bei hoher Temperatur und mindert die Wärme durch Zumischen von Luft, welches Verfahren dem einer zu grossen Verlusten führenden langsamen, unvollständigen Verbrennung vorzuziehen ist. Je lockerer oder feiner zertheilt das Brennmaterial, um so leichter verwandelt sich darin die Kohlensäure in Kohlenoxydgas und um so niedriger braucht die Brennmaterialschicht zu sein (0.63—1.26 m). Leitet man die Gase zu tief aus dem Generator ab, wo noch Glühefeuer vorhanden, so sind sie zwar sehr heiss, aber kohlensäurereich; wenn zu hoch, so sind sie zwar kohlensäurearm aber kühler und geben beim Verbrennen weniger hohe Temperatur. Der richtige Punkt zum Gasabzug wird demnach, was durch Schaulöcher zu gewahren, da sein, wo eben die Feuergluth aufhört. Ueber dem Rost muss eine lebhafte Rothgluth herrschen; bei zu hoher Temperatur leiden namentlich durch Einfluss der Aschenbestandtheile auf die Ofenwände diese, sowie die Roststäbe zu sehr, weshalb, wenn Gebläsewind (Unterwind) unten in den Generator eingeführt werden soll, dieser meist nicht erhitzt und nicht zu stark gepresst (5—8 mm Druck) genommen wird. Zweckmässig leitet man, damit der Arbeiter von der strahlenden Hitze der Roste, namentlich Treppenroste, weniger belästigt wird, atmosphärische Luft mit Dampf (Körting's Dampfstrahlgebläse) unter den Rost, wodurch derselbe abgekühlt und ein sehr günstiges Resultat erhalten wird. Am besten arbeiten Schlitze, da bei diesen der Arbeiter nur wenig Arbeit zu leisten hat, keine Schlacken ziehen muss und von der strahlenden Hitze nicht leidet. Die Kohlensäuremenge nimmt auch zu, wenn man die Gasentwicklung zu sehr beschleunigt, je niedriger die Temperatur auf dem Roste ist[2]) und wenn die Weite der Austrittsöffnung für die Gase mit der Luftzuführungsöffnung nicht im richtigen Verhältnisse steht. Bei backenden Steinkohlen können schlotartig wirkende, die Kohlensäure vom Rost ableitende Canäle in denselben entstehen, was man durch Zusatz magerer Kohlen zu beseitigen sucht. Behuf Vergrösserung des Wasserstoffgehaltes empfiehlt es sich nicht, Wasserdampf in den Generator zu führen, weil bei der Zersetzung des Wassers durch Kohle dem Feuer eben so viel Wärme entzogen wird, als der Wasserstoff beim Verbrennen wieder liefert.[3]) Es soll demnach die vorkommende Anwendung von Wasser unter den Rosten nur deren Abkühlung und Schonung bezwecken. Für die Zusammensetzung der Gase ist es einerlei, ob man Zug- oder Gebläseluft anwendet, wenn nur die Brennmaterialsäule entsprechend hoch ist.

Als Anhalten für die Ergiebigkeit eines Brennstoffs an Kohlenoxydgas in den Generatorgasen kann die Menge Kohle oder Cokes dienen, welche bei einer Tiegelprobe zurückbleibt.

Zusammensetzung.

Die Zusammensetzung der Gase[4]) (auch S. 88) ergiebt sich aus nachstehenden Analysen:

---

1) B. u. h. Ztg. 1869, S. 232. 2) B. u. h. Ztg. 1871, S. 404. 3) Polyt. Centr. 1846, S. 492. B. u. h. Ztg. 1849, S. 242. Dingl. 103, 289. Bgwfr. 8, 505; 10, 454. Oest. Ztschr. 1875, No. 14. Dingl. 211, 421; 212, 317. 4) Feller, die theoret. u. wirkl. Zusammensetzung der Gase in Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 21, 361. Stegmann, Gasfeuerung, S. 63. Rinman, über Torfgas in B. u. h. Ztg. 1878, S. 153.

	Nach Scheerer				Nach Knapp: Dem Vol. nach				Nach Knapp: Dem Gew. nach				Vol. Gew.[1])	
	Holz.	Torf.	Holzkohlen.	Cokes.	Holzkohlen.	Holz.	Torf.	Cokes.	Holzkohlen.	Torf.	Cokes.	Steink.	Steink.	
Stickstoff	53.2	63.1	64.9	64.8	63.4	50.3	61.5	64.1	64.9	63.1	64.8	55—65	61.2	65.12
Kohlenoxyd	34.5	22.4	34.1	33.8	33.3	25.2	21.8	33.5	34.1	22.4	33.8	17—22	24.2	25.89
Kohlensäure	11.6	14.0	0.8	1.3	0.5	10.6	9.1	0.8	0.8	14.0	1.3	3—10	4.2	7.04
Wasserstoff	0.7	0.5	0.2	0.1	2.8	13.9	7.6	1.5	0.2	0.5	0.1	5—16	8.2	0.62
Kohlenwasserstoff	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3— 6	2.2	1.33
Sauerstoff	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1—3.2	—	—

Nach anderen Angaben enthalten durchschnittlich: Holzgas je nach der Trockenheit 20—25, Torfgas 18—22, Steinkohlengas 19—24, Gas aus verkohlten Brennstoffen 32—34 Proc. Kohlenoxydgas. Reiner Kohlenstoff durch trockne Luft vergast giebt ein Gemenge von 34.4 Kohlenoxyd und 65.6 Stickstoff bei 0.97 spec. Gew., welches 826 Calorien und eine Temperatur von 1883° C. entwickelt. Steinkohlengas zur Heizung des rotirenden Puddelofens von Godfrey und Howson enthielt dem Volumen nach 26.33 Kohlenoxyd, 4.69 Kohlensäure, 55.86 Stickstoff, 13.82 Wasserstoff und 2.22 Schwefelwasserstoff; der Kohlensäuregehalt schwankte zwischen 3.92 und 5.19 Proc.

Seger[2]) fand in der Königl. Berliner Porzellanmanufactur Steinkohlengeneratorgas dem Volum nach zusammengesetzt aus 22.8 Kohlenoxyd, 3.6 Kohlensäure, 7.4 Grubengas, 2.2 Wasserstoff, 0.5 Sauerstoff und 63.5 Stickstoff bei 0.9421 spec. Gew., welches letztere also bei wasserarmem Brennmaterial bei gleicher Temperatur nicht sehr von dem der atmosphärischen Luft abweicht. Die Temperatur, mit welcher Gas und Luft in den Ofen treten, beeinflusst es im Wesentlichen, wie sich diese in getrennten Strömen durch den Ofen bewegen werden. Mit zunehmendem Temperaturunterschiede zwischen Luft und Gas vergrössert sich das Bestreben zur Bildung verschieden zusammengesetzter Zonen. Ist z. B. die Temperatur der Gase 200°, die der Luft 15°, so geht beim gemeinschaftlichen Einströmen erstere nach oben; bei sehr heisser Verbrennungsluft, z. B. von 1000°, tritt das Entgegengesetzte ein.

Die Heizkraft der Gase steigt, je mehr die Kohlenoxydgasmenge die Zahl 11 zu 100 Gewichtstheilen Stickstoff übersteigt (S. 147).

Ueber die Zusammensetzung der Generatorgase giebt nur die Analyse, z. B. mit Bunsen's Eudiometerröhren oder einfacher dem Bunte'schen und Orsat'schen Apparat (S. 140) Aufschluss. Zur Beurtheilung ihrer Qualität können empirische Mittel dienen, namentlich Geruch und Farbe, welche Merkmale durch einen grösseren Gehalt an Wasser, Schwefel oder Erden abgeschwächt werden. Holzgas z. B. riecht bei bläulicher Farbe nach Kreosot, Braunkohlengas bei weisslicher Farbe nach verbranntem Bernstein oder Theer, Steinkohlengas bei olivengrüner Farbe nach Theer.

Vergleichung der Gicht- und Generatorgase.

Vor den Gichtgasen zeichnen sich die Generatorgase aus: durch eine grössere Heizkraft wegen grösseren Gehaltes an brennbaren Gasen, constanterer Zusammensetzung bei gleichbleibendem Brennstoff und richtiger Betriebsleitung, Darstellbarkeit in beliebiger Menge und in constantem Strome bei geringerem Gehalte an Flugstaub und, bei meist getrockneten oder gedarrten Brennstoffen, auch an Wasser. Während jene hauptsächlich Anwendung finden zur Hervorbringung minderer Temperaturen, welchen zufällige Schwankungen, wie sie der

1) Steinkohlengas von St. Gobain: Preuss. Ztschr. 18, 148. B. u. h. Ztg. 1867, S. 258; 1878. S. 161. 2) Thonindustriezeitung 1878, No. 24.

Hohofen mit sich bringt, weniger schaden, so wendet man die Generatorgase meist zur Hervorbringung hoher Temperaturen (Puddeln, Schweissen, Stahlschmelzen u. s. w.), welche sich dann durch passende Zuführung von Luft und Gas genauer regeln lassen, besonders in solchem Falle an, wo die Beschaffenheit des Brennstoffes (schlechte, aschenreiche und pulverförmige Brennmaterialien) durch directe Verbrennung die Hervorbringung einer solchen Temperatur nicht zulässt. Dabei ist die Ausnutzung der Wärme in erster Frage weniger wichtig, als die Erzeugung einer hohen Temperatur, und man muss den verbrannten abgehenden Gasen ihre Hitze noch anderweitig zu entziehen suchen [1]), z. B. bei Dampfkesselheizungen, Winderhitzung zum Holzdarren u. s. w. Kommt es auf Erzielung minderer Temperaturen an, so verbrennt man schlechtere Brennmaterialien direct auf einem passenden Rost (Treppenrost, Heizpult u. s. w.).

Von den Vorzügen der Generatorgasfeuerung vor der directen Verbrennung war S. 142 die Rede.

Material zur Gaserzeugung. [2])

Man verwendet die verschiedensten rohen Brennstoffe (Anthracit, Steinkohlen, Braunkohlen, Torf, Holz in Stücken, als Tannzapfen, Reisig, Sägemehl u. s. w.), seltener verkohlte (Holzkohle, Cokes) und dann nur sonst wenig nutzbare Kläre davon. Das Gas ist um so wirksamer, je reicher das Rohmaterial an Kohlenstoff und je ärmer an Wasser, wonach je nach der mit den Gasen zu erzeugenden Temperatur an und für sich wasserarme (Anthracit, Steinkohlen) oder lufttrockene oder gedarrte Brennstoffe zur Anwendung kommen, wenn man den Wasserdampf nicht durch nachherige Abkühlung der Gase verdichten will. Es ist dabei in Rechnung zu ziehen, ob das Trocknen des Brennstoffes theurer kommt, als der Wärmeverlust durch Verdampfen des Wassers und Ueberhitzung des entstandenen Wasserdampfes. Mit zunehmendem Wassergehalt wird die Gaserzeugung schwieriger, es entsteht gleichzeitig Kohlensäure und Wasserdampf und nach Condensation des letzteren ist das Gas weniger reich an brennbaren Bestandtheilen, als solche vom gewöhnlichen trockenen Holze mit 20 Proc. Wasser, wie die unten stehenden Analysen zeigen. Mit Zunahme des Wassers dauert das Abschmauchen und somit der Beginn der Vergasung länger, welchen Uebelstand man zu beseitigen suchen muss durch passende Generatorconstruction, regelmässiges Chargiren und heissen Unterwind. Das beste Brennmaterial giebt immer das beste Gas und es steigen namentlich mit dem Aschengehalt [3]) und der Beschaffenheit der Asche (schlackig oder pulverig) die Schwierigkeiten der Vergasung durch etwaiges Verstopfen des Rostes und das erforderliche öftere Ausräumen der Asche. Brennmaterialklein erfordert immer besondere Vorrichtungen zur Vergasung wegen dichten Zusammenlagerns und in Folge des ungleichen Niedersinkens der Massen entstehen beim fortschreitenden Verbrennen leicht Hohlräume, die zu starkem Luftaufsaugen und Bildung von mehr Kohlensäure Veranlassung geben. Je nach der Dichtigkeit, dem Aggregatzustand, der Zusammensetzung, namentlich

---

1) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 11, 315. 2) Stegmann's Gasfeuerung, S. 22. 3) B. u. h. Ztg. 1857, S. 23, 26. v. Tunner Leob. Jahrb. 1857, S. 137; 1860, S. 115.

dem Wassergehalt erfordern die verschiedenen Brennstoffe mehr oder weniger hohe Temperaturen zur Vergasung, und zwar im Allgemeinen Anthracit, Steinkohlen und Cokes höhere, als Braunkohlen, Torf, Holz und Holzkohlen. Bei Schwerentzündlichkeit wendet man wohl heissen Unterwind bei der Vergasung an, z. B. in Jones und Wilson's Puddelofen [1]), in manchen schwedischen Gasschweissöfen [2]), wobei aber die S. 168 erwähnten Uebelstände eintreten können.

Gewisse Steinkohlensorten sind sehr geeignet zur Gasbereitung wegen geringen Wassergehaltes und grössern Kohlenstoffgehaltes; die Kohle darf aber weder zu stark noch zu schwach coken, noch zu Pulver zerfallen und verwendet man am besten eine diese Eigenschaften nicht besitzende etwas backende Flammkohle. Zu fette Kohlen müssen stark mit anthracitischen versetzt werden. Steinkohlen geben an Kohlenoxyd reichere Gase, als z. B. Holz, bei der Destillation wird weniger Wärme absorbirt, es entsteht weniger Wasserdampf, der Coke kommt warm in die Region der Verbrennung und wird unter Einwirkung der Luft beinahe vollständig in Kohlenoxyd verwandelt. Anthracit ist ein vorzügliches Material; es giebt wenig Destillationsproducte und Asche und ein an Kohlenoxyd sehr reiches Gas. Das Flammvermögen der Gase kann man steigern durch Zusatz fetterer Steinkohlen oder Zuführung erhitzten Wasserdampfes.

Stöckmann [3]) hat gefunden, dass Generatorgase a — c des Schweisswerkes auf Phönixhütte, welche bei heisserem Gange erzeugt werden mit westphälischen etwas backenden Flammkohlen, in der Zusammensetzung nur unwesentlich abweichen von den bei niedrigerer Temperatur erzeugten Martinstahlofengasen d und e, ferner, dass eine magere Kohle wohl ein Gas von günstiger Zusammensetzung (f) gab, aber auch kleine den Rost verstopfende Cokes, in Folge dessen eine geringere Gasproduction:

	a	b	c	d	e	f	
Kohlenoxyd	19.79	19.82	22.24	18.81	19.25	20.68	Vol.-Proc.
Kohlenwasserstoff .	1.13	2.41	2.02	2.03	2.31	1.90	„
Wasserstoff	5.24	6.96	4.56	5.54	4.92	7.49	„
Kohlensäure . . .	7.35	5.84	5.42	7.43	6.92	6.23	„
Stickstoff	60.82	61.06	62.39	62.57	62.01	59.16	„
Wasser	5.67	3.91	3.37	3.61	4.59	4.54	„

Aeltere Braunkohlen können eine Schlackenbildung herbeiführen, während andere, selbst im abgelagerten Zustande, ein an Wasserdämpfen (bis 25 Volumproc.) reiches Gas liefern, welches zur Condensation der Wasserdämpfe meist einer Abkühlung bedarf. Beim Darren und rasch in starke Hitze gebracht, zerfallen viele Braunkohlen und verstopfen den Rost. Die rationellste Benutzung kann die erdige Braunkohle [4]) finden, wenn dieselbe auf einem passenden Rost bei Unterwind oder hinreichendem Zuge verbrannt wird. — Torf [5]) ist für die Gasfeuerung sehr geeignet wegen seines Vorkommens in grösseren Stücken und seiner lockern, durch den Rost fallenden Asche; auch lässt er sich ohne Schwierigkeit darren. Bei Anwendung von lufttrocknem Torf mit bis 25 Proc. Wassergehalt erfolgen an Wasserdampf reiche Gase, welcher, wenn hohe Temperaturen zu erzeugen sind, durch Abkühlung verdichtet werden muss. — Holz giebt bei seiner gleichmässigen Zusammensetzung und seinem geringen Gehalt an lockerer Asche ein gleichmässiges Gas, ist aber meist zu theuer, auch im lufttrocknen Zustande wasserreich, kann aber in Gestalt von Abfällen (Spänen, Sägemehl u. s. w.) den fossilen Brennstoffen gegenüber ökonomischer sein. Gewöhnliches trockenes Holz mit 20 Proc. Feuchtigkeit gab an Kohlenoxyd reichere Gase (a), als solches, dessen Gasen (b) durch Abkühlung im Condensator 33 Proc. Wasser entzogen waren:

	a	b
Kohlenoxyd	34.5	20.8
Kohlensäure	11.6	19.6
Wasserstoff	0.7	0.9
Stickstoff	53.2	56.3

1) B. u. h. Ztg. 1870, S. 360. 2) Kerl, Met. 1, 333. 3) Stöckmann, Gase des Hohofens u. s. w. 1876, S. 36. 4) Neumann, Vergasung erdiger Braunkohlen. Halle 1873. 5) Hausding, Torfgewinnung und Torfverwerthung 1876, S. 278. Derselbe, die Torfwirthschaft Süddeutschlands u. s. w. 1878, S. 44.

Holzkohlen und Cokes sind am leichtesten und sichersten in Generatorgase von hohem Wärmeeffect umzuwandeln, backen nicht mehr zusammen und lassen zwischen den einzelnen Stücken immer die für den Durchgang der Gase nöthigen Zwischenräume offen, in Folge dessen sich in einem gegebenen Raume die grösstmögliche Menge von kohlensäurearmem Gas erzeugen lässt. Nach Ebelmen enthielten Cokesgase 64.8 Stickstoff, 1.3 Kohlensäure, 0.1 Wasserstoff und 64.8 Kohlenoxyd dem Gew. nach.

Durch das in Intervallen erfolgende Einschüren von frischem kalten Brennmaterial, den wechselnden Aschen- und Wassergehalt, den Aggregatzustand der Materialien, die Schwankungen des Unterwindes u. s. w. entstehen Schwankungen in der Gaserzeugung, welche aber zum Theil ausgeglichen werden durch vorhandene Wärmeregeneratoren und starke Umfassungsmauern des Generators.

Die Angaben über die Ersparniss an Kohlen bei Gasgeneratoren gegenüber der Rostfeuerung gehen ziemlich weit aus einander (18—50 Proc.). Bei richtigem Bau und bei guter Behandlung, vor Allem aber bei solider Anlage kann viel erreicht werden und darf man sich nicht abschrecken lassen, wenn man nicht sofort das günstigste Resultat erhält, indem es dazu gewöhnlich anhaltender Versuche bedarf.

Gasgeneratoren.

53. Darstellung der Generatorgase. Bei Auswahl eines Generators [1]) sprechen hauptsächlich die Beschaffenheit des Brennmaterials (Dichte, Zerkleinerungsgrad u. s. w.), die in einer Zeiteinheit zu erzielende Gasmenge und die Art der beabsichtigten Anwendung der Gase mit. Doch lässt nur eine auf Beobachtungen, Vergleichungen, Resultate und richtige Anwendung gestützte Erfahrung ein richtiges Urtheil über die beste Generatorform zu.

Classification.

Die Generatoren lassen sich nach verschiedenen Richtungen hin classificiren, nämlich:

1) Isolirt stehende oder den Feuerungsraum der Flammöfen ersetzende Generatoren. Letztere, durch einfaches Tieferlegen des Rostes unter die Feuerbrücke herzustellen (Fig. 94, 103, 105, 106), gestatten eine Ersparung an Raum, sowie der Gasleitung, grössere Sicherheit vor Explosionen, die Verbrennung weniger abgekühlter Gase und leichtere Handhabung, während erstere Einrichtung (Fig. 92, 93, 95, 99, 109, 110) in ökonomischer Beziehung sich besonders empfiehlt, wenn mehrere Oefen aus einem Generator oder besser aus einem System von mehreren derselben mit Gas versorgt werden sollen, um den Betrieb und die Aufsicht zu vereinfachen, gleichmässige Gase zu erhalten und die geringste Menge Brennstoff zu gebrauchen. Während die Reinigung des Rostes und das Chargiren bei den gewöhnlichen Oefen auf die Temperatur in denselben einwirkt, so sind diese Operationen bei grossen isolirten Generatoren von verschwindender Wirkung und die Ofenwärme bleibt constanter. Durch die Trennung des producirenden und consumirenden Apparates lässt sich die Arbeit noch mehr theilen, indem der Ofenarbeiter nicht zugleich Schürer der Generatoren ist und bei seinem Ofen bleibt, was auf Brennstoffersparniss und Qualität und Quantität des Productes influirt. Dem Vortheil einer einheitlichen Generatoranlage für grössere

1) Generatoren für Torf in Hausding's Torfgewinnung 1876, S. 276. Steinmann c. Stegmann, Gasfeuerung, S. 92.

Neuanlagen und dadurch erzielter gleichförmiger Gaserzeugung steht namentlich die Schwierigkeit des Umbaues älterer Werke entgegen. Es ist stets vortheilhafter, zur Erzielung einer genügenden Gasmenge mehrere Generatoren zu haben, als in wenigen die Gasentwicklung zu beschleunigen, weil dann die Gase reicher an Kohlensäure werden.

Besonders für Regenerativgasfeuerung wählt man isolirt stehende Gasgeneratoren [1]), damit die aus letzteren in einer gemauerten Esse aufsteigenden und dann in einem niedergehenden Eisenrohr fortgeleiteten Gase ihre Theerbestandtheile absetzen können und sich kühlen, damit sie nicht ein Werfen der Wechselklappen vor den Regeneratoren veranlassen und durch Theerabsatz deren Spiel beeinträchtigen. Bei längeren Gasleitungen erfordert die oberirdische Fortführung der Gase besondere Vorsichtsmassregeln. Eine Kühlung in auf- und absteigenden Röhren bringt Gasbewegung hervor. Auch kommen isolirte Generatoren besonders da in Anwendung, wenn grosse Mengen voluminöser Brennstoffe vergast werden müssen und durch die Gase eine energische Hitze in einem kleinen Raume erzeugt werden soll.

2) Generatoren mit verticalem oder geneigtem Schacht. Früher wendete man meist Generatoren der ersteren Art (Fig. 94, 99, 101) an und ist für dieselben der Bischoff'sche (Fig. 92) das Muster gewesen. Man hat dann dessen prismatischen Schacht in einen cylindrischen, doppelt conischen u. s. w. umgewandelt, ohne im Wesentlichen andere Erfolge zu erhalten. Neuerdings hat man den Generatorschächten eine oder mehrere geneigte Wände gegeben (Fig. 103, 106, 108, 110), welche theilweise aus Roststäben bestehen, an welche sich ein Planrost anschliesst. Bei Brennmaterialklein legt man an eine schräge Wand einen Treppenrost in Verbindung mit einem mehr oder weniger geneigten Planrost (Roste von Siemens [Fig. 106], Wilson [2]) [Fig. 105], Boëtius [3]) [Fig. 103], Fichet [Fig. 111] u. s. w.). In Folge der erzielten grossen schrägen Rostfläche ist die Möglichkeit vorhanden, in der Zeiteinheit eine grössere Menge Gas zu erzeugen. Die Neigung der Vorderwand hängt von dem natürlichen Böschungswinkel des Brennstoffes und seinem Verhalten ab, ob er z. B. sintert, und ergiebt sich aus Versuchen. Indem das Brennmaterial langsam auf den schiefen Ebenen hinabrutscht, tritt eine Verkohlung (Entgasung, trockene Destillation) ein, es werden flüchtige Producte entbunden und erst das verkohlte Brennmaterial wird vergast. Nach Siemens [4]) soll durch eine solche räumliche Trennung der Perioden der Destillation und der Verbrennung die Bildung der Kohlensäure vermindert werden. Auch macht dabei das Beseitigen der Asche weniger Schwierigkeit und es soll weniger Kohlensäure ins Gas übergeführt, dieses dagegen reicher an Kohlenwasserstoffen werden. [5]) Fette Kohlen erfordern steilere Roste und grössere Schichthöhe als magere. [6])

3) Generatoren mit oder ohne Rost. Erstere [7]) (Fig. 92, 103, 109, 110) gestatten eine gleichmässigere Verbrennung und die Ofenwände werden mehr geschont, als bei Generatoren ohne Rost (Fig. 93, 95, 101). Je nach dem Aggregatzustand des Brennmaterials verwendet man Pultroste, Planroste für wenig schlackendes, gross-

1) Krans c. l., p. 4. Preuss. Ztschr. 18, 146. Siemens, On puddling iron. London 1868, p. 10. Mittheil. d. Hannöv. Gew.-Ver. 1863, Hft. 1. Riedler, über Siemensöfen. Graz 1871. 2) Preuss. Ztschr. 18, 1. B. u. h. Ztg. 1870, S. 360. 3) B. u. h. Ztg. 1869, S. 452. 4) v. Kerpely, Fortschr. 6, 61. 5) B. u. h. Ztg. 1869, S. 232. 6) B. u. h. Ztg. 1871, S. 404. 7) Steinmann c. l., S. 4.

stückiges Brennmaterial mit bedeutender Schütthöhe (Holz, gute böhmische Braunkohle, beste nicht backende Steinkohle), z. B. Fig. 57a, Treppenroste [1]) für klare, nicht backende Brennstoffe bei niedriger Schütthöhe, welche eine bequemere Beseitigung der Asche und ein leichteres Auswechseln der Roststäbe gestatten, oder für feines Pulver den Müller'schen Heizpult, eine Gusseisenplatte mit vielen engen Löchern (Fig. 102). Zuggeneratoren haben meist (bei Holz nicht immer) einen Rost; nur bei Gebläsegeneratoren fehlt er zuweilen. Wie bereits bemerkt, belästigen Treppenroste sehr durch die ausgestrahlte Wärme (S. 168). Neumann [2]) hat empfohlen, Gusseisenrinnen über dem Roste in der Kohlenlage anzubringen und die Gase durch dieselben abzuleiten.

4) Zug- oder Gebläsegeneratoren. Während man früher Gebläseluft (Unterwind) nur für dichteres Brennmaterial (Anthracit, Steinkohlen, Cokes) oder dicht gelagertes Klein anwandte, hat sie jetzt auch häufig für lockere Brennstoffe Eingang gefunden, indem man sie seltener bei fehlendem Rost direct (z. B. Fig. 95, 101) in das Brennmaterial (bei grösserem Aschengehalt, welcher den Rost verstopfen würde), als unter den Rost treten lässt (Fig. 99, 102, 105). Man erzielt damit eine vollständigere Verbrennung wegen geringerer Cinderbildung, kann die Gase wegen grösserer Pressung bequemer nach unten ableiten und braucht deshalb den Generator nicht theilweise unter die Hüttensohle zu stellen, ist von Witterungsverhältnissen nicht abhängig, kann beliebig mehr oder weniger Gas in der Zeiteinheit erzeugen und die Brennmaterialschicht so hoch machen, dass jedenfalls alle Kohlensäure reducirt wird, während bei Zuggeneratoren wegen des nothwendigen Zuges diese Schicht nicht immer so hoch sein kann, dass alle Kohlensäure reducirt wird. Dagegen sind die Gebläsegeneratoren minder einfach und kostspieliger, als die Zuggeneratoren, Düsen und Rost verstopfen sich leichter und namentlich bei aschenreichem Brennmaterial ist das Ausräumen der stark sinternden Asche unbequemer, wenn man nicht bewegliche Ofensohlen hat (Bérard's Generator); auch reissen sie mehr Flugstaub mit über, welcher durch Staubfänge möglichst abgesondert werden muss. Bei Zuggeneratoren wird die äussere Luft beim Schüren leichter in den Generator gesogen als bei Anwendung von Gebläseluft, während letztere leichter zu Gasverlust durch die Chargiröffnung Veranlassung giebt. Nach Pütsch [3]) soll in Gebläsegeneratoren mehr Kohlensäure erzeugt werden, als in Zuggeneratoren, was aber nach Schinz [4]) überall nur dann der Fall ist, wenn die Luft- oder Windmenge grösser ist, als die Gesammtcontactfläche des im Generator enthaltenen Brennstoffs.

Zur Erzeugung von Unterwind verwendet man zweckmässig Ventilatoren und Dampfstrahlgebläse [5]), bei welchen letzteren 1 kg Wasserdampf 185—310 cbm Luft anzusaugen im Stande ist. Der Umstand, dass man hierbei viel Wasserdampf in den Generator

1) B. u. h. Ztg. 1863, S. 61. Percy-Knapp, Metallurgie 1, 206. 2) Neumann, Vergasung erdiger Braunkohle. Halle 1871. 3) Preuss. Ztschr. 18, 1. B. u. h. Ztg. 1870, S. 360. 4) B. u. h. Ztg. 1867, S. 166, 251; 1869, S. 232; 1877, S. 268; 1878, S. 161. Dingl. 183, 379. 5) Oest. Ztschr. 1876, No 7 (Siemens' Gebl.); Stegmann, Gasfeuerung 1877 (Körting's Gebl.) und v. Kerpely, Fortschr. 8—10 S. 162.

führen könnte, findet darin seine Widerlegung, dass der Dampf, sobald er mit der Luft in Berührung kommt, sich grossentheils condensirt, so dass sich nur etwa 3 Proc. Dampf in 100 Vol. Luft befinden. Exhaustoren, wie sie z. B. Neumann empfiehlt, können unerwünschte Condensation von Dämpfen unter Umständen hervorbringen.

5) Generatoren für lockeres und dichtes Brennmaterial. Für ersteres (Holz, Torf, Lignit) wendet man bei Zugluft geräumigere, namentlich weite Generatoren an, welche gewöhnlich einen Planrost (Fig. 99) oder zwei in einem Zwischenraume geneigt untereinander liegende, sich nicht ganz deckende Roste haben; bei leicht verbrennlichen, auf Rosten zu starke Hitze gebenden Brennstoffen fehlt wohl der Rost ganz und die Luft tritt durch seitliche Züge am Boden ein (Fig. 93). Die Generatoren sind bald isolirt stehende (S. 172), bald in enger Verbindung mit dem Feuerraum. Zur Vermehrung des Gasquantums in der Zeiteinheit hat man entweder die Rostfläche vergrössert durch Verbindung eines Planrostes mit einem Treppenrost (Fig. 110) oder eines Planrostes mit Rosten an den geraden Seitenwänden (Fig. 109), oder durch Anwendung von Unterwind bei Vorhandensein eines Rostes (Fig. 99) oder nicht (Fig. 101), wobei gleichzeitig Witterungseinflüsse auf die Gaserzeugung beseitigt werden. Feinpulveriges Brennmaterial (Torf, Sägespäne u. s. w.), welches wegen dichter Aufeinanderlagerung dem Durchstreichen der Luft einen starken und wechselnden Widerstand entgegensetzt und dadurch bald Stockungen in der Entwicklung des Gasstromes, bald sogenannte wilde, an Kohlensäure reiche Gase giebt, werden entweder bei Anwendung stärker gepressten Unterwindes auf feindurchlöcherten horizontalen Rosten (Fig. 102), oder auf Treppenrosten mit (Koch's und Lundin's Generator) oder ohne Unterwind (Schulz'-Ofen [S. 176]) oder auf Kegelrosten mit Unterwind (Fahlun) verbrannt. — Für Braunkohlen [1]) in Stücken lässt sich ein Figur 93 ähnlicher Apparat, nur mit Planrost und Schlitz darüber in den Wänden versehen, anwenden, für Braunkohlenklein die oben für pulveriges Brennmaterial angegebenen Constructionen, auch ein dem Boëtius'schen (Fig. 103) ähnlicher Generator, in welchem nur der gewöhnliche Rost *a* durch einen Treppenrost ersetzt ist, am besten bei Unterwind (Donawitz in Steyermark). Dichtes Brennmaterial (Steinkohlen, Cokes) wird meist in Generatoren mit geneigten Wänden unter Anwendung von Zugluft (Fig. 103, 108) oder Unterwind (Fig. 105) vergast; sehr dichtes, wie Anthracit, auch wohl in einem eisenhohofenähnlichen Gebläsegenerator (Fig. 95). Grosse Gasmengen liefert besonders der sehr geräumige Bicherouxofen (Fig. 108).

6) Feststehende und auf Rädern transportable Generatoren. Zu letzteren gehören die Generatoren von Wittenström [2]) und Kidd [3]).

Wie bereits bemerkt (S. 168), arbeitet man meist mit schwach gepresstem und kaltem Unterwind, zuweilen jedoch auch mit heissem (S. 170). Derselbe ist entweder gewöhnlicher, meist Ven-

1) Neumann c. l. 2) B. u. h. Ztg. 1872, S. 356, 411. 3) B. u. h. Ztg. 1875, S. 230.

Beispiele für Generatorconstructionen.

tilator-Gebläsewind oder wird durch ein Dampfstrahlgebläse[1]) erzeugt (Jones' und Wilson's Puddelofen, Brook-Wilson's Generator). Statt eines Gebläses kann man, wie bemerkt, auch einen Exhaustor anwenden.[2])

Als Beispiele für Generatorconstructionen[3]) mögen folgende gelten:

Bischoff's Generator.

1) Generatoren mit verticalem Schacht

a) Zuggeneratoren.

α) Isolirt stehende Generatoren.

α') Mit Rost.

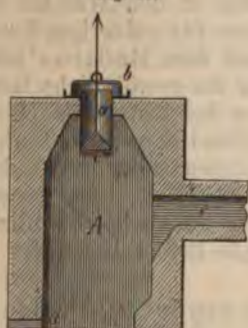
Fig. 92.



Bischoff's Generator[4]) (Fig. 92). *a* Ofenschacht, 1.57 m weit und 2.3 m über dem Rost hoch, nach unten bei *d* und nach oben bei *b* zusammengezogen. *r* Rost. *e* Aschenfall. *f* Aschenfallthür mit Reibern. *g* Räumöffnung. *o* Schaulöcher. *c* Chargirraum mit Schieber unterwärts und Deckel *p* mit Sandverschluss oberwärts. *l* Fuchs zur Ableitung der Gase mit Schieber *s*.

v. Kerpely's Generator[5]) hat einen Treppenrost. Hierher gehört auch der in Fig. 69 dargestellte Generator an einem Regenerator-Gussstahlofen und am Mansfelder Silberraffinirofen.[6]) — Welkner's Generator[7]) mit Einhängecylinder hat einen Treppenrost und die Gase passiren vor der Ausnutzung im Eisensteinröstofen einen Theerkasten. — Schulz' Ofen[8]) für feinpulveriges Brennmaterial hat einen beweglichen Treppenrost, welcher auf den Stäben eines Planrostes in horizontaler Richtung verschiebbar ist. Parallel mit der Rostfläche sind im Schacht mehrere Steinbögen gespannt oder Flacheisen durchgelegt, welche dem Brennmaterial als Stütze dienen und dasselbe nur in dem Masse niedergehen lassen, als es verbrennt. Hering bringt ebenfalls in Holzgasgeneratoren über einem eisernen Planrost einen gemauerten Gurtenrost an.

Fig. 93.



β') Ohne Rost.

Hierher gehört der Generator *A* (Fig. 93) zu Pütsch's Regenerativofen[9]) (S. 173), dessen Chargircylinder *a* einen Deckel *b* in Sandverschluss hat und am Boden durch einen an einem Gegengewicht hängenden Kegel *c* geschlossen ist, bei dessen Senkung die Charge in den Generator fällt, welcher unten an der Seite 5 Canäle *d* zum Luftzutritt hat. *e* Gasabführungscanal.

β) Nicht isolirt stehende Generatoren.

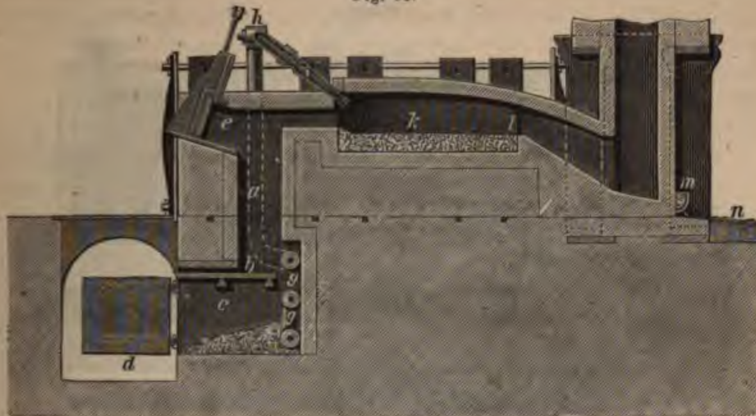
Kärnthner Generator.

Kärnthner Generator für Holz[10]) (Fig. 94). *a* Schacht, 40 cm lang, 84 cm weit und 174 cm hoch vom Rost bis zum Gewölbe und 158 cm bis zur Feuerbrücke. *b* Rost mit 12 Stufen. *c* Aschenfall, in welchen die Luft durch den Canal *d* tritt. *e* Schüröffnung, 66 cm breit, 60 cm lang und 40 cm hoch mit einer durch einen Hebel zu öffnenden geneigten Thür zum bessern Verschluss. *g* Röhren, in welchen behuf Erhitzung

1) Dingl. 134, S. 239. 2) B. u. h. Ztg. 1869, S. 295. 3) B. u h. Ztg. 1871, S. 404. Steinmann c. l. (für Glas, Eisen und Stahl, Dampfkessel, Kalkbrennen u. s. w.). 4) Bischoff, die indirecte, aber höchste Nutzung der rohen Brennmaterialien. 2. Aufl. 1856. Kerl, Met. 1, 338. 5) B. u. h. Ztg. 1868, S. 114. 6) Kerl, Met. 4, 215. 7) B. u. h. Ztg. 1863, S. 61. 8) Thonindustriezeitung 1878, S. 111. 9) Steinmann's Gasfeuerung 1876, S. 14. 10) Kerl, Met. 1, 338.

Gebläseluft circulirt, welche dann, durch einen Hahn *h* zu reguliren, durch eine schnabelförmige Düse *i* auf die über die Feuerbrücke tretenden Generatorgase ausströmt. (*k* Schweissofenherd. *l* Fuchs. *m* Schlackenloch. *n* ausgeflossene Schlacke.)

Fig. 94.



Hierher gehört auch der frühere Generator am Mansfelder Kupferraffinirofen [1])

b) Gebläsegeneratoren.

a) Isolirt stehende Generatoren.

a') Ohne Rost.

Fig. 95.



Ebelmen's Generator.

Ebelmen's Generator für Anthracit und Steinkohlen [2]) (Fig. 95). *a* Schacht. *b* Verbrennungsraum zur Aufnahme des Gebläsewindes durch die Formöffnungen *f*. *r* Einhängecylinder mit luftdichtem Sandverschlussdeckel, hinter welch ersterem sich die Gase bei *q* ansammeln und durch *k* abziehen.

Thoma's Generator.

Thoma's Generator [3]) ist mehrdüsig und hat eine der Bischoff'schen ähnliche Chargirvorrichtung.

Fröhlich's Generator [4]) für staubförmiges Brennmaterial besteht aus zwei Kammern. In der einen findet die Verbrennung durch Gebläseluft, durch Düsen am Boden eingeführt, statt und die hier erzeugten Gase treten durch einen Canal am Boden in den zweiten mit glühenden Cokes gefüllten Schacht ein. Beim Aufsteigen wird alle Kohlensäure in Kohlenoxydgas verwandelt.

Bérard's Generator [5]) für Steinkohlen hat einen beweglichen Boden zur Ausräumung der Asche und die mit Theer und Wasserdampf geschwängerten Gase treten noch in einen mit glühenden Cokes gefüllten Schachtraum, in welchem Wasserdämpfe in Kohlenoxyd und Wasserstoffgas zerlegt werden und Theer in Kohlenwasserstoffgase übergeht.

Friedberg's Generator [6]) hat die Einrichtung eines mittelst Ventilatorwindes betriebenen Sefström'schen Ofens mit drehbarem Chargirgefäss oberhalb des Gasabzugcanales. Zur Verschlackung der Asche werden Zuschläge gegeben.

1) Kerl, Met. 2, 539. 2) Kerl, Met. 1, 347. 3) Kerl, Met. 1, 347. 4) B. u. h. Ztg. 1871, S. 36. 5) Dingl. 200, 470. 6) Dingl. 214, 354.

Tessié du Motay's conischer Generator, oben 1 m, unten 2 m weit bei 5 m Höhe, mit 5 Düsen für Wind von 12 cm Wasserpressung dient zu Stieringen-Wendel zur Vergasung von Kohlenklein, für Stückkohlen der Siemens'sche Generator.

Fig. 96.



Ekmann's Generator. Ekman's Holzgasschweissofen (Fig. 96—98). *A* Generator mit Chargircanal *o*. Die durch *a* in die Glocke *C* eintretende, sich hier erhitzende Luft gelangt theils durch die Canäle *b* und *c* nach dem Reservoir *e* und strömt durch ein mit Oeffnungen versehenes Düsenblech *f* in den Generator aus, theils zieht sie durch das Rohr *h* in den Schürkasten *i* und tritt durch geneigte Düsen *k* in den Schürcanal *o*, um die Gase beim Chargiren nieder zu halten. *D* Schweissherd. *E* Vorglühherd. *G* zur Darrkammer führender Canal. — Der Generator von Benson und Valentin[1]) hat zwei Reihen Formen über einander, von denen die obere den Wind zur Verbrennung, die untere denjenigen zur Verschlackung der Asche herbeiführt, welche auf einem nach unten beweglichen Boden entfernt werden kann. Das Brennmaterial fällt durch einen Cylinder mit beweglichem Conus am Boden oder durch einen Rumpf mit Fütterwalze in einen trichterförmigen Raum, dann über einen zweiten Conus in den Generator. — In Brook-Wilson's[2]) Generator wird die Verbrennungsluft durch einen Dampfstrahl herbeigeführt. Luft und Dampf treten in einen durch die Mitte der Kammer gehenden Kasten von Gusseisen und gelangen durch obere seitliche Oeffnungen desselben in das Brennmaterial. — Zu Avesta[3]) in Schweden wird ein Gemenge von $^1/_4$—$^1/_2$ Thl. Holzkohlenlösche und $^3/_4$—$^1/_2$ Rostcinders in nach unten zusammengezogenen Generatoren zur Gaserzeugung benutzt und ersetzen 4 Volumtheile des Gemenges 1 Vol. Steinkohle.

Fig. 97.



Fig. 98.



β') Mit Rost.

Französ. Generator. Französischer Holzgasgenerator[4]) (Fig. 99, 100). *A* Schacht, 2.1 m hoch, unten 1.1 m weit, oben 1.4 m lang und 1.2 m breit. *a* Düse zur Aufnahme von erhitztem Ventilatorwind (von 170—200° C.). *h* Aschenfall. *d* eiserner Chargirkasten mit Deckel und Schieber *c* unterwärts. Die Gase ziehen durch *f* und *g* in der Staubkammer *h* in die Höhe und strömen über die Feuerbrücke *o* durch einen 0.2 m hohen und 0.8 m breiten Schlitz in einen Puddelofen *B* mit durch *r* verbundenem Vorwärmherd *p*.

---

1) v. Kerpely, Fortschr. 6, 62. 2) B. u. h. Ztg. 1878, S. 161. 3) Kärnthn. Ztschr. *1878, S. 138.* 4) Kerl, Met. 1, 339.

aus, während durch die 7 Düsen *k* Gebläsewind, welcher durch die abgehenden Feuergase in *n* erhitzt und durch *m* in die bewegliche Röhre *l* geleitet wird, ins Gas tritt. Die abgehenden Feuergase werden noch, bevor sie in die Esse *u* gelangen, zum Holzdarren in der Kammer *C* benutzt.

Hierher gehört der **Oberharzer Torfgasgenerator** an Puddelöfen mit Einhängecylinder u. Müller'schem Heizpult.[1])

Der **Fahluner Generator**[2]) für **Sägespäne** hat einen cylindrischen Schacht mit kegelförmigem Rost, aus 8 gusseisernen Segmenten bestehend bei 18 mm Entfernung der Roststäbe, auf welchen die Sägespänlage 1.5 – 1.8 m hoch erhalten wird. Die Gebläseluft tritt durch ein Rohr unter einen unter dem conischen Rost befindlichen Hut, welcher den Wind vertheilt und gleichmässig durch den Rost aufsteigen lässt. Für **Steinkohlen** hat der Generator die Gestalt eines abgestumpften Kegels, wobei der

Fig. 99.

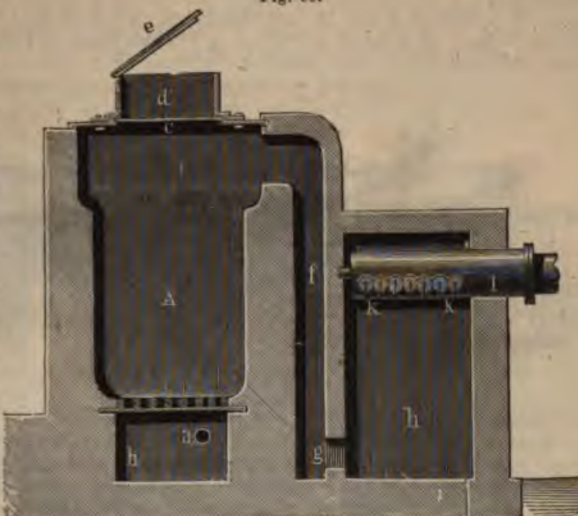


Fig. 100.



nach unten erweiterte Schacht ein Zusammenbacken der Steinkohle verhüten soll. Der Rost, mit dem Windhut darunter, ist vertieft conisch.

β) **Nicht isolirt stehende Generatoren.**

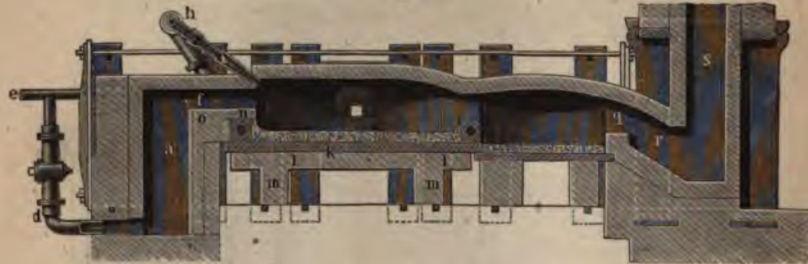
α') **Ohne Rost.**

Kärnthner Holzgasgenerator[3]) (Fig. 101). *a* Generator 100 cm hoch, 90 cm lang und 47 cm breit. *e* Hauptwindleitungsrohr, aus welchem durch *d* kalter Kärnthner Generator.

1) Kerl, Met. 1, 342. B. u. h. Ztg. 1865, S. 312. 2) B. u. h. Ztg. 1875, S. 17. 3) Kerl, Met. 1, 342, 343.

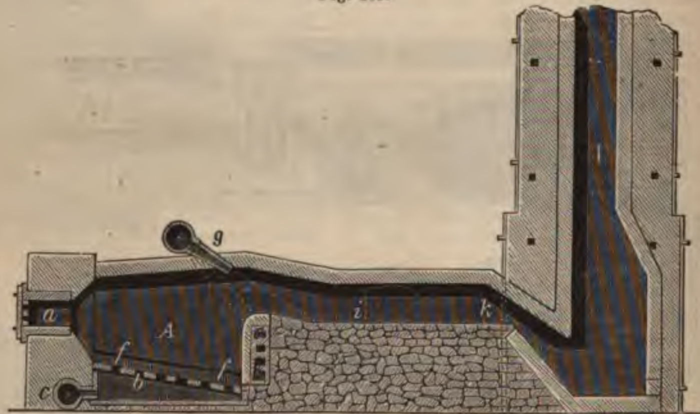
Unterwind in den Generator tritt, während aus dem Rohr ein anderer Windstrom durch das Herdeisen *n* des mit Vorwärmherd *p* versehenen Puddelofens *k* zieht, sich dabei erwärmt und durch *h* und das schnabelförmige Mundstück *i* zu den über die Feuerbrücke *o* durch einen Schlitz *f* streichenden Gasen mit 12 mm Pressung gelangt. Der Schnabel hat 18 mm Höhe und 86 cm Breite. (*k* Eisensohle. *l* gusseiserne Balken. *m* gemauerte Pfeiler. *q* Fuchsbrücke. *r* Fuchs. *s* Esse.) Das Chargiren geschieht durch eine seitliche Oeffnung (Fig. 94).

Fig. 101.



Hierher gehören auch der Zorger Gasgenerator[1]), welcher aber später mit Rost versehen ist; die schwedischen Gasschweissöfen[2]), welche theilweise zwei Reihen Formen für Unterwind über einander haben, sowie der Generator an einem combinirten Puddel- und Schweissofen zu Rhonitz.[3]) Groebe's Generator[4]) hat ebenfalls 2 Reihen Düsen für Unterwind über einander. Der Holzgasgenerator zu Kudsir[5]) in Ungarn hat einen rectangulären Schacht, in welchem halb im Mauerwerk ein System von Wasseralfinger Röhren sich befindet, in denen sich die Luft erhitzt. Dieselbe strömt theils durch eine geneigte schnabelförmige Düse über der Feuerbrücke aus, zum Theil tritt sie in einen Kasten mit 6 Düsen und durch diese in den Generator.

Fig. 102.



β') Mit Rost. Je nach der Einrichtung des Rostes lassen sich gröber und feiner zertheilte Brennstoffe vergasen, letztere z. B. auf Müller's Heizpult und auf Treppenrosten.

Müller's Heizpult. Generator mit Müller'schem Heiz- oder Blasepult.[6]) (Fig. 102.) *a* Schüröffnung. *b* gusseiserner Heizpult mit 45 Stück 11 mm weiten Oeffnungen.

1) B. u. h. Ztg. 1860, S. 155. 2) Kerl, Met. 1, 344, 345. 3) B. u. h. Ztg. 1866, S. 246. 4) B. u. h. Ztg. 1864, S. 136. 5) v. Kerpely, Eisenhüttenwesen in Ungarn 1872, S. 22. 6) Kerl, Met. 1, 340.

c 4 neben einander liegende Düsen für Unterwind. *g* 7 Düsen zur Zuführung von Gasverbrennungswind (Oberwind), welcher sich beim Circuliren in den Canälen *h* der Feuerbrücke *e* erhitzt hat. *f* Schlitz zum Ausräumen der Asche. (*i* Schweissofen. *k* Fuchs. *l* Esse.)

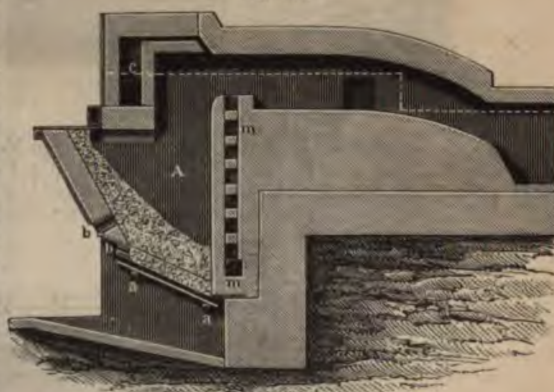
2) Generatoren mit geneigtem Schacht.

a) Nicht isolirte Generatoren.

α) Mit Rost.

Boëtius' Generator[1]) (Fig. 103. 104). *A* Schacht, 1.8—2.0 m hoch, 0.75 m tief und 0.90 m breit. *a* geneigter Rost. *b* Luftzuführungsöffnungen. Die Verbrennungsluft für die Gase circulirt bei *n* in den Ofenwänden und bei *m* in der Feuerbrücke und strömt aus beiden resp. bei *c* und *d* zu den Gasen aus, welche zunächst einen Schweissofen und dann noch einen Dampfkessel heizen. Man zieht hier und da diesen Apparat dem Siemens'schen Regenerativofen vor, wenn nicht bis zum Schmelzen des Stahls gehende Temperaturen erforderlich sind, z. B. bei Puddel- und Schweissöfen (*B*). Boëtius' Generator.

Fig. 103.



β) Ohne Rost.

Wilson's Puddelofen-Generator[2]) (Fig. 105). *a* Raum zur Aufnahme des Brennmaterials z. B. von Steinkohlen, seitlich eingeschürt und auf der geneigten Ebene *b* herabrutschend. *h* Röhre zum Eintritt des durch ein Dampfstrahlgebläse bei *e* gelieferten Unterwindes. *f* Scheidewand. *g* Oeffnung zum Ausziehen der Asche. *d* Aschenfall. Der Verbrennungswind für die Gase wird mittelst eines Dampfstrahlgebläses durch das Herdeisen *klm* getrieben, strömt von *m* nach unten in den Canal *n* und aus diesem durch einen im Ofengemäuer aufsteigenden Canal in den Raum *p*, in dessen gewölbtem Boden in 12 Reihen 252 senkrechte Düsenöffnungen von 13 mm Weite sich befinden. Ein kleiner Theil des Windes gelangt aus *p* durch *q* über das Brennmaterial. (*l* Puddelherd. *k* Fuchsbrücke.) Wilson's Generator.

Fig. 104.



b) Isolirt stehende Generatoren.

Siemens' Generator[3]) für Regenerativgasfeuerung (S. 173). Derselbe hat grosse Aehnlichkeit mit dem Boëtius'schen, nur verläuft die geneigte Vorderwand am untern Theil in einen Rost mit derselben Neigung (50—60°), an welchen letzteren sich dann ein Planrost anschliesst. Das Chargiren geschieht aus einem Kasten mit Deckel und Sohlschieber. Die Gase steigen aus dem Generator erst behuf der Abkühlung (S. 173) in einer gemauerten Esse gerade auf und werden Siemens Generator.

1) B. u. h. Ztg. 1869, S. 452; 1877, S. 255. Kärnthner Ztschr. 1874, No. 15, 16. 2) Preuss. Ztschr. 18, 1. B. u. h. Ztg. 1870, S. 360. 3) Krans, Étude sur le four à gaz. 1869. Taf. I. B. u. h. Ztg. 1871, S. 403.

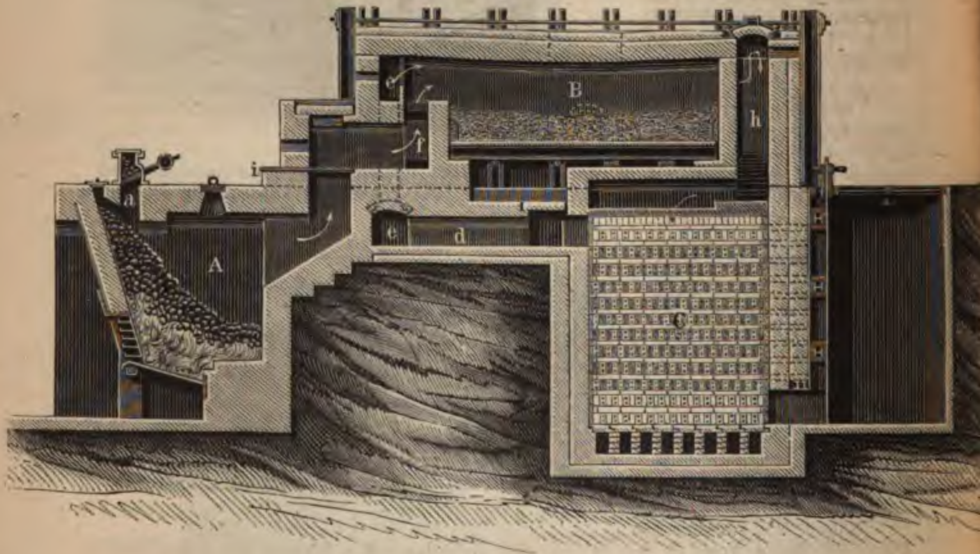
dann durch eine geneigte Röhre dem Regenerator zugeführt. Man erhält im Aschenfall einen Wasserstand.

Fig. 105.



Der Siemens'sche Generator wird mit geringen Modificationen bei Oefen der verschiedensten Art angewendet, z. B. bei Ponsard's Puddelofen[1]) mit continuirlicher Regenerativ-Feuerung (Fig. 106. 107). *A* Siemens'scher Generator mit Füllöffnung *a*, durch einen mit Sand gedichteten Deckel und eine Drosselklappe

Fig. 106.



geschlossen, welche beim Heben eines Contragewichtes niedergeht und das Brennmaterial in den Ofenschacht fallen lässt. *B* Puddelofenherd, in welchen die Gase durch den Canal *f* aufsteigen und sich hier mit aus dem Canal *e* heraustretender heisser Luft mischen. Die Verbrennungsproducte ziehen durch den Canal *h* in Canälen des Lufterwärmers (Recuperators, im Gegensatze zum Siemens'schen Regenerator so genannt) nach abwärts, dann durch *g* zur Esse, während zwischen je zwei Canälen im Regenerator ein Canal für die aufsteigende kalte Luft sich befindet, welche sich erwärmt und durch *d* nach *e* gelangt. Auch die später zu

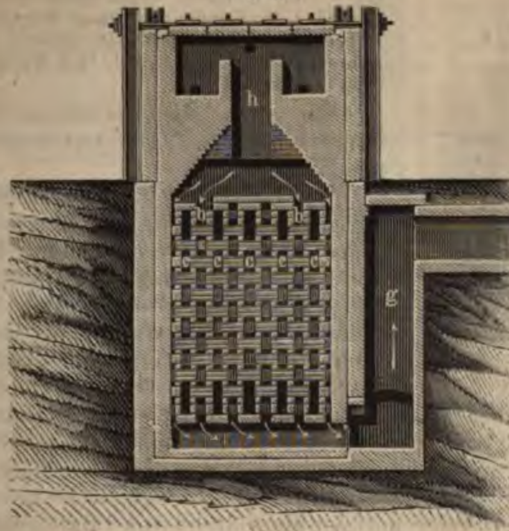
1) B. u. h. Ztg. 1873, S. 197; 1874, S. 7, 8, 109; 1875, S. 244. Dingl. 216, 199; 219, 125. Grothe, polyt. Ztschr. 1875, No. 43.

erwähnende Fichet'sche Gasfeuerung (Fig. 111) hat einen Siemens'schen Generator. Ein Torfgasgenerator zu Rottenmann[1]) in Kärnthen ist dem Siemens'schen ähnlich.

Bicheroux Generator.

Bicheroux Ofen[2]) (Fig. 108) hat in älterer Construction einen isolirten Gasgenerator, z. B. am Schweissofen. Neuerdings legt Bicheroux einen grossen Generator *A* (Fig. 108) direct vor den Ofen, verzichtet, weil die Gase warm in

Fig. 107.



den Ofen gelangen, auf einen Regenerator, wärmt die Verbrennungsluft in Seitenwänden und im Gewölbe vor und benutzt die Abhitze zur Dampferzeugung. *B* Schweissofen. *a* Einzug der kalten Luft über dem Gewölbe hin, dann unter der Sohle in *b*

Fig. 108.



durch in den Raum *c*, aus dem sie erhitzt durch Züge in die Generatorgase tritt. Dieses System ist in seinen Erfolgen sehr abhängig von der Qualität der angewandten Kohle und der Geschicklichkeit der Arbeiter, leistet aber unter Umständen Vorzügliches.

Der Bicheroux'schen Ofenform etwas ähnlich ist die eines Torfgasgenerators zu Buchscheiden[3]) (Fig. 109). *A* Generatorschacht. *a* Einhängecylinder. *b* Planrost. *c* stehender Rost. *d* Gasabführungscanal. Für Torfklein eignet sich besonders

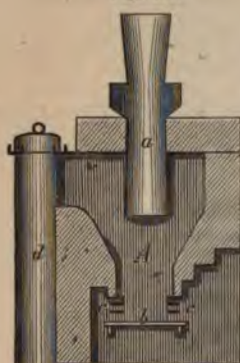
1) B. u. h. Ztg. 1874, S. 353. 2) B. u. h. Ztg. 1874, S. 434; 1877, S. 170, 233; 1878, Taf. 5, Fig. 18—19. Dingl. 219, 220. Kärnthn. Ztschr. 1874, S. 337. Ledebur, die Verarbeitung der Metalle auf mech. Wege, S. 380. 3) B. u. h. Ztg. 1874 S. 353.

der Ofen zu Rottenmann[1]) (Fig. 110). *a* Chargircylinder. *b* Einhängcylinder. *c* bewegliche Klappe. *d* Treppenrost. *e* Planrost. *f* Gasabzug.

Lundin's Generator.

Lundin's Generator[2]) für feuchte Sägespäne hat eine anfangs verticale Vorderwand, an welche sich ein geneigter Rost und dann ein horizontaler Rost schliesst, unter welchen letzteren Gebläseluft geführt wird. Das Chargiren geschieht durch einen Schlauch mit darüber befindlichem Füllkasten. Die feuchten Gase steigen durch einen gemauerten Schornstein in die Höhe und gelangen dann durch eine gekrümmte Röhre in den Condensator (s. später). Für feinere Sägespäne hat man zu Prevali[3]) in Kärnthen diesen Generator etwas modificirt.

Fig. 109.

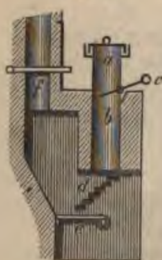


Bedienung der Gasöfen.

Die beim Gasofenbetrieb vorkommenden hauptsächlichsten Operationen[4]) sind folgende:

1) Chargiren. Dieses geschieht regelmässig und am zweckmässigsten, damit möglichst wenig Gasverlust und kein Eintreten von Luft in den Generator stattfindet, mittelst eines oben mit Deckel und unterhalb mit Schieber versehenen Aufgebetrichters, Kastens oder Cylinders (Fig. 92), welcher auch statt des Schiebers am Boden mit einem auf und nieder beweglichen Kegel, wie beim Parry'schen Gasfang (S. 156), geschlossen (S. 93) oder bei in den Ofen eingehängtem Cylinder (Fig. 95) mit einem Deckel unter Sandverschluss[5]) versehen sein kann, oder mittelst einer canellirten Fütterwalze (Benson-Valentin) oder mittelst eines drehbaren Chargirgefässes (Friedmann's Generator). Seltener und weniger sicher chargirt man ohne solche Vorrichtung von der Seite (Fig. 94) und meist nur bei Gebläsegeneratoren. Die Schüröffnungen sind im letzteren Falle durch auf und nieder bewegliche massive Thüren geschlossen, deren Gewicht und geneigte Stellung den Verschluss begünstigt (Fig. 94).

Fig. 110.



In Sweet's Generator[6]) wird ein angenetztes Gemisch von Anthracit und fetter Kohle mittelst einer mechanischen Vorrichtung von der Seite unter die glühenden Kohlen geschoben, ähnlich wie beim Langen'schen Etagenrost, so dass Wasserdämpfe und frisch entwickelte Gase durch die glühende Cokesschicht hindurchstreichen müssen.

2) Ausräumen der Asche. Fällt dieselbe nicht durch den Rost in den Aschenfall, sondern sintert mehr oder weniger zusammen, so muss man eiserne Abfangstäbe oberhalb des Rostes durch einen Schlitz im Gemäuer und durch das Brennmaterial treiben und die Asche darunter durch eine Oeffnung ausräumen. Ansätze an den Düsen stösst man durch mit denselben correspondirende verschliessbare Oeffnungen mittelst eines Spiesses ab. Bei geneigten Generatoren ist das Ascheausräumen weit bequemer als bei stehenden. Man hat auch

1) B. u. h. Ztg. 1874, S. 353. 2) B. u. h. Ztg. 1867, S. 317; 1869, S. 232. 3) Kärnthn. Ztschr. 1871, S. 76, 150. 4) Steinmann, c. l., S. 8. 5) Dingl. 112, 462. v. Tunner, über das Eisenhüttenwesen in Schweden, S. 53. 6) Bull. du musée de l'industr. de Belgique, Sept. 1876.

durch passende Zuschläge die Asche des Brennmaterials in Schlacke verwandelt, welche man absticht. Dieselbe greift aber die Ofenwände stark an.

3) Regulirung des Luftzutrittes und Beobachtung der Temperatur durch Schaulöcher.

Bei richtiger Betriebsleitung verbreitet sich die Gluth nur bis zu einer gewissen Höhe, so dass das oberste Schauloch dunkel bleibt. Ungleichmässiges Aufgeben kann eine einseitige Gluth hervorbringen. Bei zu hoher Temperatur auf dem Roste, versetzt man denselben theilweise mit Steinen, bei zu kaltem Gange nimmt man zur Vermehrung der freien Rostfläche einige Traillen heraus. Bei zu stark gepresstem Unterwind steigt die Gluth im Generator zu hoch und es kann eine Verbrennung der Gase im Vergasungsraume, selbst noch im Gasabzugscanal stattfinden und sich ein explosives Gasgemisch bilden. Ferner entweichen leicht Gase durch Ritzen des Mauerwerks.

54. Fortleitung und Reinigung der Generatorgase. [1]) Die Gase treten entweder sofort aus dem Vergasungsraum in den Heizraum (Fig. 94, 101, 102, 103 u. s. w.), wo dann ihre Wärme am besten ausgenutzt wird, oder sie passiren zum Absetzen des mitgerissenen Flugstaubes, welcher die Gaszüge verengen und auf das zu erhitzende Product (z. B. Eisen beim Puddeln und Schweissen) schädlich influiren kann, zuvor eine besondere Staubkammer (Fig. 99) oder einen Aschenkasten [2]), der auch wohl im Abzugscanal durch Vertiefung desselben an der betreffenden Stelle und Einsetzen einer nicht bis zum Boden gehenden Scheidewand angebracht ist. Müssen die Gase für die Benutzung in Regenerativöfen behuf Befreiung von Theertheilchen und Wasserdämpfen abgekühlt werden, so sind längere Leitungsröhren erforderlich [3]) (S. 184), auch hat man bei zum Eisenerzrösten angewandten Gasen dieselben einen Theerkasten [4]) passiren lassen. Gasleitungen.

Seltener leitet man die Verbrennungsluft von oben in den Generator und die Gase unten ab [5]), als umgekehrt. Goder [6]) empfiehlt, die Gase mittelst eines Tonnengebläses aus dem Generator durch einen Canal zu saugen, von dessen Decke zur Zurückhaltung des Flugstaubes Wasser brausenartig herabtröpfelt, dann die Gase mit mehr oder weniger Pressung forzutreiben.

55. Verbrennung der Generatorgase. [7]) Hierbei gilt dasselbe, wie bei Gichtgasen, hinsichtlich der innigen Mengung mit Luft und der Zuführung der richtigen Quantität derselben, ihrer Geschwindigkeit und Vorwärmung (S. 162). Allgemeine Regeln.

Da die reineren, an brennbaren Bestandtheilen reicheren Generatorgase meist zur Hervorbringung höherer Temperaturen in kleineren Räumen dienen, so kommen hier alle früher (S. 162) erwähnten Mittel zur Steigerung der Hitze in Anwendung, namentlich innige Mischung der Luft mit den Gasen, wohl durch Einblasen von Gebläseluft in letztere, grössere Geschwindigkeit der Luft, starkes Vorwärmen der Luft und auch wohl der Gase (Siemens'sches Regenerativprincip), in welch letzterem Falle sich ohne Anwendung von Gebläseluft eine intensive Hitze auch in einem grösseren Raume erzielen lässt. Die zur Verbrennung der Gase dienende Gebläseluft nennt man Oberwind, im Gegensatz zu dem zur Vergasung des Brennstoffes im Generator benutzten Unter- und auch Mittelwinde. [8]) Die Erhitzung des Windes geschieht meist dadurch, dass man denselben durch Canäle in

1) Erstickungsfälle in Gasleitungen in B. u. h. Ztg. 1873, S. 454. 2) Kerl, Met. 1, 341 Leoben. Jahrb. 1860, S. 115, 351. 3) Preuss. Ztschr. 18, 148. 4) B. u. h. Ztg. 1863, S. 61. 5) B. u. h. Ztg. 1861, S. 336. 6) B. u. h. Ztg. 1862, S. 38. 7) Gruner-Kupelwieser, Abh. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 424. 8) Kerl Met. 1, 344, 345, 346.

erhitzten Ofentheilen circuliren lässt, z. B. in den Seitenwänden des Rostes (Fig. 103), in der Feuerbrücke [1]) (Fig. 103. 105), in Herdtheilen (Fig. 100), im Fuchs (Fig. 96), in unteren Essentheilen, in Regeneratoren u. s. w. Die Regulirung [2]) der Temperatur geschieht durch passende Stellung der Luft- und Gasventile, die Menge des Windes und des verbrennenden Brennstoffes in einer Zeiteinheit. Soll der erhitzte Wind auf das Schmelzgut u. s. w. kräftig oxydirend wirken (Kupferraffiniröfen), so lässt man ihn zweckmässig aus der hohlen Feuerbrücke unterhalb deren Oberkante horizontal oder etwas stechend auf den Herd strömen.

Ort der Verbrennung.

Die Verbrennung der Generatorgase geschieht, ähnlich wie bei den Gichtgasen, entweder in dem zu erhitzenden Raum selbst (Fig. 94, 101, 102, 103, 104), oder in einer Vor- oder Verbrennungskammer (Fig. 111), in welch letzterem Falle sich, was z. B. zur Conservirung von Dampfkesseln dient, ein Ueberschuss von atmosphärischer Luft in den Verbrennungsproducten vermeiden lässt.

Das letztere Princip [3]), schon 1859 von Schwarz empfohlen, ist von Boutigny, Schäfer und Struve und neuerdings von Müller und Fichet weiter ausgebildet. Bei Dampferzeugung hat sich dasselbe indes in ökonomischer Beziehung nur da bewährt, wo ein continuirlicher Betrieb stattfindet. [4])

Verbrennungsvorrichtungen.

Als Beispiele für Verbrennungsvorrichtungen der verschiedenen Art mögen folgende dienen:

Zugluft.

1) Vorrichtungen mit Zugluft und zwar

a) Ohne Verbrennungskammer. Behuf Erhitzung lässt man die Luft bei Flammöfen in den Seitenwänden des Feuerungsraumes (Freiberger Röstofen [5]), Mansfelder Kupfer- [6]) und Silberraffinirofen [7]), Oefen zur Henrichshütte [8]), oder auch gleichzeitig in der Feuerbrücke circuliren (Boëtius' Generator, Fig. 103, 104, Wilson's Generator, Fig. 105) und dann nur von oben oder auch von unten aus der Feuerbrücke zum Gas treten (Boëtius G.). In Welkner's Eisenerzröstofen (S. 176) werden die Gase auch durch Zugluft verbrannt.

b) Mit Verbrennungskammer. Dieselbe hat die oben erwähnten Vorzüge.

Müller-Fichet's Apparat (Fig. 111, 112). *A* Siemens'scher Generator (S. 182) mit Füllkasten *a* und Schauloch *b*. *c* doppeltwandige Fallthür mit versetzten und verschliessbaren Lufteinströmungsöffnungen, in welcher sich die Luft erwärmt, bevor sie unter den Rost tritt. *d* Gasabführungscanal mit Regulirschieber *e*, in den Raum *f* mündend, aus welchem die Gase durch einen Chamotterost *g* in die Verbrennungskammer *h* gelangen. Die Verbrennungsluft tritt von Aussen durch das im Fuchs *F* liegende Rohr *i* herzu, erwärmt sich darin, tritt in die unter dem Gascanal liegende Luftkammer *k*, steigt zu beiden Seiten des letzteren empor, zieht durch Oeffnungen *m* in die Kammer *h* und das Gasgemisch tritt in den Seiten der Verbrennungskammer durch eine Anzahl Düsen *n* aus, wobei sich die Luft in den Wandungen immer weiter erhitzt. *o* Schaulöcher. Während 1 Theil Steinkohle sonst nur 6 Theile Wasser verdampft, so hier im Fichet'schen Apparat 8.9 Theile bei continuirlichem Betriebe. — In Charpentier's Apparat [9]) mischt sich durch Düsen in die Gase eingeblasene Luft mit diesen vor einer durchlöcherten Blechwand, durch welche dann das Gasgemisch in den Heizraum

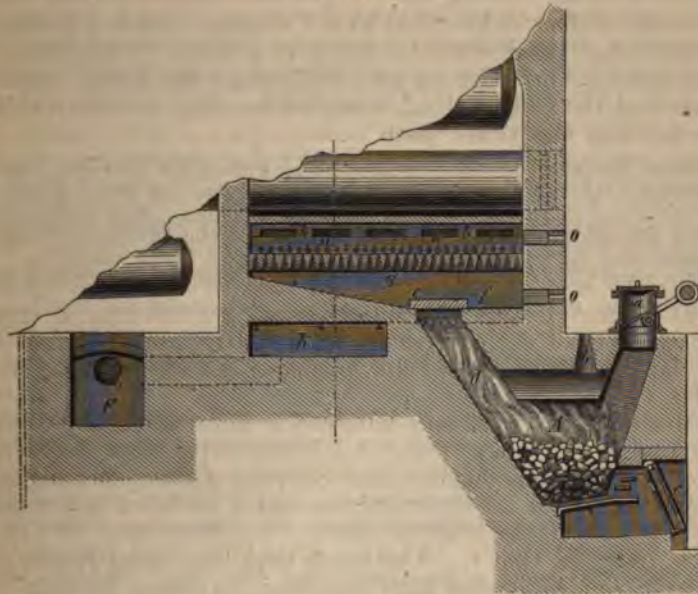
---

1) Henderson's Generator in Metallurgical Review 1878, Febr. S. 567. 2) Schinz, selbstthätiger Luftregulator in B. u. h. Ztg. 1857, S. 75. 3) B. u. h. Ztg. 1874, S. 228; Schäfer, ebend. 1875, S. 14, 65. Müller-Fichet in Ramdohr's Gasfeuerung 1875, S. 59; B. u. h. Ztg. 1875, S. 370, 1876, S. 71 (Abbildung). Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878, No. 28. 4) Glaser's Ann. d. Gewerbe- u. Bauwesens 1877, No. 7. 5) Kerl, Met. 1, 337. 6) Kerl, Met. 2, 539. 7) Kerl, Met. 4, 215. 8) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 14, 608. 9) Revue univers. 1872, 1. u. 2. livr. Stegmann's Gasfeuerung, S. 82. v. Kerpely, Fortschr. 8—10, S. 60.

eintritt. Die abgehenden Gase werden zum Abgeben von Wärme und Rauch in Wasser geleitet.

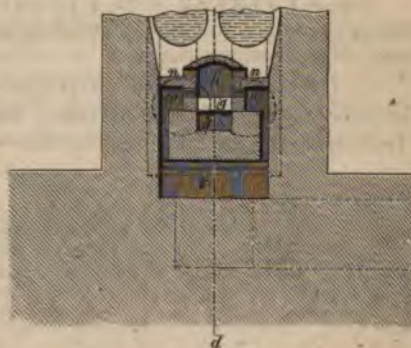
Im Apparate von Fritz[1]) mischen sich Gase und Luft unterhalb des Röhrenraumes und steigen durch Canäle in diesen auf.

Fig. 111.



2) Durch Gebläseluft, deren Regulirung man mehr in der Gewalt hat, als die der Zugluft. Hinsichtlich der Zuführung derselben zum Gas unterscheidet man: Gebläseluft.

Fig. 112.



a) das Wasseralfinger Princip. Der Wind tritt durch Düsen in die Gase ein (Fig. 99, 100), welch erstere beweglich sind und entweder sämmtlich dasselbe Stechen (Faber du Faur's Einrichtung[2]) oder einige ein abweichendes Stechen haben (Krems[3]). Da die Düsen und die drehbare Windröhre, an welcher dieselben befestigt, der Hitze stark ausgesetzt und deshalb sehr wandelbar sind, (Wagner[4]) hat neuerdings eine bessere Construction angegeben), so hat man die Düsen durch ein schnabel- Wasseralfinger Princip.

---

1) Dingl. 227, 546. 2) B. u. h. Ztg. 2, 697; 1865, S. 312. Kerl, Met. 1, 339, 343. 3) Zerrenner, metallurg. Gasfeuerung 1856, S. 228. 4) Oest. Ztschr. 1868, No. 10.

förmiges Mundstück ersetzt und dasselbe ausserhalb oben auf den Ofen gelegt. Diese Einrichtung ist

Kärnthner Princip.

b) für das Kärnthner Princip [1]) charakteristisch, nach welchem der Wind in schräger Richtung zum Gas tritt (Fig. 94, 101, 102). Eine noch innigere Mengung von Gas und Gebläseluft hat man

Schwedisches Princip.

c) nach dem schwedischen Principe dadurch herbeigeführt, dass man den Wind entweder durch eine Reihe Metall-Düsen [2]) oder durch einen Schlitz oder ein schnabelförmiges Mundstück [3]) oder durch düsenartige Oeffnungen [4]) im Ofengewölbe (Fig. 105) in verticaler Richtung zum Gas treten lässt.

Beim Anzünden der Gase, namentlich zu Anfang des Betriebes, wo die Leitungscanäle noch kalt sind und das Gas schwer brennt, ist grosse Vorsicht zu beobachten, damit sich nicht explosive Gasgemische bilden. Man unterhält entweder vor dem Gaszuführungscanal ein Feuer oder bringt eine glühende Eisenstange davor, damit sich die Gase nach geöffnetem Zulassventil gleich entzünden. Bei dem neuerdings von Howson und Godfrey [5]) für Puddelöfen in Anwendung gebrachten

d) Princip des Knallgasgebläses, bei welchem in einem weiteren Gasbrenner ein engeres und kürzeres Gebläseluft-Zuführungsrohr liegt, ist die obige Gefahr beim Anzünden des Gasgemenges nicht vorhanden.

Anwendung der gewöhnlichen Generatorgase. [6])

Mit grösstem Vortheil, namentlich hinsichtlich der Brennmaterialersparung, der Regulirung des Luftzutrittes nach Bedürfniss und des z. B. beim Eisenpuddeln und Schweissen davon abhängigen Ausbringens hat man die Generatorgase unter Anderem angewandt beim Rösten [7]) von Schwefelmetallen, seltener von Eisenerzen (Welckner's Ofen [8]), Pirnaer Ofen [9]), Thoma's Ofen [10])), beim Kupfer- [11]) und Silberraffiniren [12]), beim Kupferspleissen [13]), beim Puddeln [14]) und Schweissen [15]) des Eisens, zum Feinen des Roheisens [16]), zur Darstellung von Eisen direct aus den Erzen [17]), zum Umschmelzen von Roheisen [18]), für Tiegelschmelzungen in Windöfen [19]), zum Gussstahlschmelzen [20]), zum Kalkbrennen [21]), für Explosionsmaschinen [22]) u. A.

Steigerung der Verbrennungswärme.

Zur Erhöhung des pyrometrischen Wärmeeffectes der Generatorgase bei ihrer Verbrennung hat man in neuerer Zeit folgende Mittel angewandt:

Wasserdampfbeseitigung.

1) Entfernung der Wasserdämpfe. Um aus feuchten oder lufttrockenen, nicht gedarrten Brennstoffen Generatorgase für hohe Temperaturen [23]) zu erzeugen, hat man deren Gehalt an Wasserdämpfen

---

1) Kerl, Met. 1, 338, 340, 342, 347. B. u. h. Ztg. 1860, S. 155; 1863, S. 246. 2) v. Tunner, das Eisenhüttenwesen in Schweden. 1868, S. 63. Kerl, Met. 1, 346. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 14, 608. 3) Kerl, Met. 1, 344, 345. 4) B. u. h. Ztg. 1870, S. 360. 5) B. u. h. Ztg. 1878, S. 160; Dingl. 228, 131. 6) Kerl, Met. 1, 348. 7) Kerl, Met. 1, 337; 4, 523. B. u. h. Ztg. 1853, S. 767; 1863, S. 61; 1869, S. 446. Steinmann, Gasfeuerung, S. 96. Percy-Wedding, Eisenh. 2, 472. 8) B. u. h. Ztg. 1863, S. 61. 9) Dingl. 220, 151. 10) B. u. h. Ztg. 1873, S. 335. 11) Kerl, Met. 2, 539. Berggeist 1867, No. 48. 12) Kerl, Met. 4, 215. Mitterberger Gesellschaft im Salzburgischen. 13) B. u. h. Ztg. 1862, S. 436. 14) Kerl, Met. 1, 339, 341, 342; 3, 491, 503. B. u. h. Ztg. 1860, S. 155, 235; 1861, S. 263; 1867, S. 2; 1865, S. 312. Sammlung v. Zeichn. f. Verein Hütte 1861, No. 16 d, e, h. 15) Kerl, Met. 1, 338, 343, 344, 345; 3, 495, 512. B. u. h. Ztg. 1863, S. 104; 1866, S. 246. Sammlung v. Zeichnungen für den Verein Hütte 1861, No. 16 g. 16) Kerl, Met. 1, 347; 3, 448. 17) Kerl, Met. 1, 348; 3, 204, 426. B. u. h. Ztg. 1860, S. 27; 1864, S. 44; 1866, S. 397; 1867, S. 287; 1869, 397, 450. Percy-Wedding's Eisenh., 1. Abth., S. 286. 18) B. u. h. Ztg. 1862, S. 38. 19) Percy-Knapp, Metallurgie 1, 206. B. u. h. Ztg. 1862, S. 261. 20) Kerl, Met. 3, 722. 21) Steinmann, Gasfeuerung, S. 96, Supplem.; Polyt. Centr. 1870, S. 1426. 22) Dingl. 227, 417. 23) Akermann, Hitzeentwicklung aus nassem Brennmaterial in Iron 1876, No. 166. Oest. Ztschr. 1877, No. 15 (Einfluss des Wassergehaltes).

bei abgelagerten Braunkohlen z. B. an 25 Volumproc.) zu beseitigen esucht,

Zersetzung des Wasserdampfes durch glühende Kohlen.

a) indem man die Gase noch durch glühende Kohlen streichen isst, welche mit den Wasserdämpfen im Wesentlichen Kohlenoxydgas nd Wasserstoff neben etwas Kohlensäure geben (S. 66).

Zu diesem Zwecke empfiehlt Curter[1]), in einen aus zwei abgestumpften egeln construirten Generator oben und unten Verbrennungsluft einzuführen und ie entstandenen Gase in der Mitte abzuleiten. — In ähnlicher Weise will Ledeeft[2]) durch Einführung der Kohlensäure und Wasserdampf enthaltenden Feuerase in glühende Kohlen Kohlenoxyd und Wasserstoff erzeugen und Lürmann[3]) at neuerdings empfohlen, durch Einblasen heissen Windes und überhitzter Wasserämpfe in glühende Kohlen grosse Quantitäten brennbarer Gase herzustellen. ieses Mittel scheint jedoch wenig Erfolg zu versprechen, da durch die Vergasung es Wasserdampfes nahezu eben so viel Wärme gebunden, als demnächst beim erbrennen des entstandenen Wasserstoffs erzeugt wird (S. 66). — Bérard[4]) itet mit Wasserdämpfen und Theer geschwängerte Steinkohlengase durch glühende okes. — Thum[5]) hat einen sehr zweckmässigen Apparat mit 2 Rostfeuerungen nstruirt, um die Gase der eben beschürten Feuerung immer durch verkohltes ühendes Material in der andern durch passende Stellung von Ventilen abechselnd zu leiten.

Wasserdampfcondensation.

b) Durch Abkühlung der Gase behuf Verdichtung des Wasrdampfs und der theerartigen Bestandtheile, nachheriges Wiederhitzen derselben in Regeneratoren und Verbrennung mit stark eritzter Luft.

Durch die Abscheidung der Theerdämpfe gehen zwar brennbare Bestandtheile rloren, sind aber die im Regenerator zu erhitzenden Gase zu heiss und theerltig, so veranlassen sie leicht ein Werfen und Versetzen der Wechselklappen.

Die Abkühlung der Gase geschieht

α) in längeren Röhrenleitungen, welche zu den Regeneratoren ihren, wie z. B. bei den Siemens'schen Apparaten (S. 173), welche ur aus zwei Haupttheilen, dem Generator und Regenerator bestehen.

Zickzackcanäle sind wirksamer als gerade und man kann auf denselben uchte Materialien trocknen.

Lundin's Condensator.

β) In Condensatoren mittelst kalten Wassers, indem man daslbe in die Gase einspritzt (Lundin, v. Kerpely), oder die Gase arüber hinstreichen lässt (zu Rottenmann) oder die Gase durch on Kühlwasser umgebene stehende Röhren leitet (Hanström). Die ondensation durch eingespritztes Wasser geschah 1854 zuerst von aduschna, dann 1857 von Veneni[6]), 1859 von Uhlig[7]), 1865 on Lundin.

Bei Lundin's Apparat[8]) (Fig. 113, 114) ist *a* ein Gasrohr zur Zuführung der uchten Sägemehlgase aus dem Generator (S 184) in den Condensator *A*, durch essen Decke aus der Röhre *c* Wasser mit Heftigkeit gegen Metallspitzen *d* spritzt, n sich fein zu vertheilen. Die Spitze *b* (Fig. 114) befindet sich in keilförmig geschärften Ringen *d* auf Schrauben *e*, durch welche sich die Entfernung der

1) Oest. Ztschr. 1856, No. 34. Ztschr. d. Oesterr. Ing.-Ver. v. 3. Apr. 1861. B. u. h. Ztg. 62, S. 440. 2) B. u. h. Ztg. 1868, S. 352. 3) Dingl. 195, 254. 338. 4) Dingl. 200, 0. 5) B. u. h. Ztg. 1874, S. 180. 6) Dingl. 1859, S. 428. 7) Oest. Ztschr. 1859, 50. 8) B. u. h. Ztg. 1867, S. 12, 166, 213, 317, 371; 1868, S. 44, 123, 179, 407; 1869, S. 187; 71, S. 116, 311, 346. Steinmann, Compend. d. Gasfeuerung. Nachtrag dazu 1869. Krans, ude sur le four à gaz et à chaleur régénérée de Siemens. 1869. Riedler, über Siemensen, Graz 1871. Dagner in Kärnthner Ztschr. 1871, No. 4. Dingl. 183, 19, 368. Preuss. schr. 18, 145. Leoben. Jahrb. 1866, Bd. 16, S. 273. v. Kerpely, Fortschr. 3, 169; 4, 177, 183.

Spitze *b* von der Ausströmungsöffnung *o* reguliren lässt. *g* Kasten mit aus der Wasserröhre *b b* benetztem Eisengitterwerk, durch welches die Gase aus *h* noch hindurchziehen, um sich durch die Röhre *i* in den Regenerator zu begeben. *e* und *f* Reinigungsöffnungen. Auch zu Prevali und Buchscheiden in Kärnthen [1]) wendet man mit Erfolg solche Condensatoren an. Erfahrungen in Schweden haben ergeben, dass man in dem Lundin'schen Schweissofen mit Sägespänen dreimal so viel Eisen schweissen kann, als wenn man dieselbe Holzmasse, auf gewöhnliche Weise verkohlt, im Schweissofen verwendet. Noch günstiger stellten sich Resultate bei Anwendung von Holzschwarten statt Sägespänen. Der Condensator hält nicht nur Wasser- und Theerdämpfe, sondern auch Staub und flüchtige alkalische Verbindungen, welche die Ofenwände leicht zerstören, zurück. Durch die Condensa-

Fig. 113.

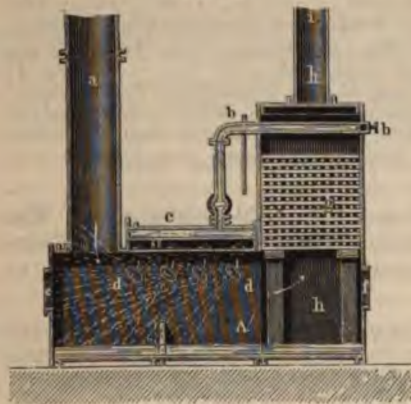


Fig. 114.



tion werden zwar als Brennmaterial verwerthbare Kohlenwasserstoffverbindungen ausgeschieden, dieser Nachtheil wird aber reichlich aufgehoben durch Beseitigung des Wasserdampfes und grösseres Eisenausbringen beim Schweissen. Nach Rinmann [2]) enthielten Gase mit 32.86 Proc. Wassergehalt nach dem Passiren des Condensators nur noch 2 Proc. und gaben nach der Condensation mit kalter Luft verbrannt eine Temperatur von 1960°, dagegen eine solche von mindestens 3160°, wenn Gase und Luft auf 1200° erhitzt wurden. — Zu Josephsthal [3]) in Böhmen passirt Torfgas einen Canal mit mehreren Wasserspritzen, dann ein nasses Gitterwerk und geht hierauf durch den Regenerator in den Schweissofen.

v. Kerpely's Condensator.

v. Kerpely [4]) treibt mittelst eines Ventilators angesogene Generatorgase in einem Waschkasten fein zertheilten Wasserstrahlen entgegen, welche eine rotirende Kugelbrause entlässt. Zur Zurückhaltung aufgenommener Wassertheilchen passiren die Gase dann noch drei über einander liegende Siebe mit immer enger werdenden Maschen. — In Fahlun [5]) findet die Condensation in von Kühlwasser umgebenen stehenden Röhren nach Hanström's Einrichtung statt.

Effect der Condensatoren.

Ueber den Effect der Condensatoren hat sich Vicaire [6]) ausführlich verbreitet und gefunden, dass derselbe bei den Renegerativöfen weniger stark hervortritt, als bei gewöhnlichen Oefen. Nach den Ansichten mancher deutschen Hüttenleute [7]) sind die künstlichen Mittel, welche Lundin in Schweden anwendet und die ihre Rechtfertigung zum Theil in der Anwendung eines aussergewöhnlichen Brennmaterials (nasser Sägespäne) finden, für gewöhnlich gar nicht erforderlich. Es

1) Berggeist 1870, S. 532. Kärnthn. Ztschr. 1871, No. 4; 1878, No. 9 u. 10, S. 184. B. u. h. Ztg. 1871, S. 311, 346; 1874, S. 353. 2) Leoben. Jahrb. 16, 292. 3) Oest. Ztschr. 1877, No. 46 (Abbldg.). 4) B. u. h. Ztg. 1868, S. 114. 5) B. u. h. Ztg. 1875, S. 18. 6) B. u. h. Ztg. 1869, S. 187, 224, 230. v. Kerpely, Fortschr. 6, 51. 7) B. u. h. Ztg. 1869, S. 295. Dingl. 183, 379; 184, 54.

genügt, unter Ersetzung des Unterwindes beim Lundin'schen Gasofen durch einen Exhaustor zwischen Generator und Ofen den Condensator wegzulassen, das Krummziehen der Ventile am Regenerator durch gehörige Abkühlung der Verbrennungsproducte, also durch grosse Regeneratoren zu erreichen und dieselben durch Einschalten einer grösseren Staubkammer vor Flugstaub zu schützen. Neuerdings befolgt man auch in Schweden das Princip, den Lundinofen nur bei sehr wasserreichen Brennmaterialien (Sägespäne, Torf, junge Braunkohlen) anzuwenden, dagegen bei besseren Brennstoffen, selbst bei Scheitholz, das Ekman'sche Princip (S. 178) vorzuziehen, indem man das Brennmaterial in einem passenden Apparat, z. B. von Kidd und Barff, mit heissen Verbrennungsgasen und überhitztem Dampf trocknet. Bei einem ohne Condensator arbeitenden Regenerativofen kommen die bei der Gasbildung erzeugten Theerdämpfe dem Ofen zwar direct zu Gute, wie bei der Pütsch'schen Construction [1]); allein, wie die Versuche in Munkfors und Prevali [2]) ergeben haben, wird bei wasserreichen Brennstoffen der Wärmeverlust durch Condensation von Kohlenwasserstoffverbindungen reichlich wieder aufgewogen durch die Beseitigung der Wasserdämpfe und grösseres Eisenausbringen. Ein wirklicher Wärmeverlust entsteht nur durch die Abkühlung der Gase, welcher aber auch durch die vielen gewichtigen Vortheile und Annehmlichkeiten der gereinigten Gase sehr verschwindet.

Diesen Thatsachen gegenüber berechnet Gruner [3]), dass der Gewinn, den man bei Siemensöfen durch Verkauf des condensirten Theeres und Ammoniakwassers erzielt, den Verlust an Wärme nicht aufwiegt, und empfiehlt, die heissen Gase, wenn auch feucht, direct in den Ofen zu leiten, wie es in den Oefen von Pütsch, Boëtius, Ponsard und Moysan geschieht. Entwickelten z. B. die feuchten Generatorgase 1584 Calorien, so betrug der Verlust durch Theerbildung 315 Calorien = 20 Proc. ohne die fühlbare Wärme, welche von den Gasen fortgeführt wird. — Zu Buchscheiden in Kärnthen hat man bei Anwendung von gedarrtem Torf Lundin's Condensator weggelassen, wobei aber die Schweissarbeit weniger rein zu führen ist. — Herrmann [4]) weist durch Rechnung nach, dass zur Erzielung eines möglichst grossen absoluten Wärmeeffectes es vortheilhaft sei, wasserhaltige, eine Condensation bedingende Brennstoffe mit feuchter Luft zu vergasen, um die Wärme der Generatoren zur Zersetzung von Wasser auszunutzen, trockene Brennstoffe aber mit trockener Luft möglichst nahe dem Verbrennungsraume zu vergasen. Zur Erzielung möglichst hoher Temperaturen ist das Speisen der Generatoren mit feuchter Luft unzweckmässig, da Wasserstoff in Luft theoretisch nur 2750°, Kohlenoxyd 3050° giebt.

Zur Verringerung des Wärmeverlustes hat man die Gase zu Köping in Wermland vom Condensator durch einen Theil des Schornsteins dem Ventilkasten zugeführt.

2) Erhitzen nicht nur der Verbrennungsluft, sondern auch der Generatorgase durch Ueberhitze in Regeneratoren. [5]) Dieses von Stirling [6]) 1816 zuerst angewandte, von Gebr. Siemens seit 1856 ausgebildete, früher mehrfach [7]) angefochtene

Siemens'sches Regenerativprincip.

---

1) B. u. h. Ztg. 1867, S. 166, 251. Dingl. 188, 368 (Abbldg.). 2) Kärnthn. Ztschr. 1871, S. 151. 3) Gruner-Kupelwieser, Abhandl. über Metallurgie I, 165. 4) Kärnthn. Ztschr. 1878, S. 284. 5) B. u. h. Ztg. 1860, S. 494; 1862, S. 273; 1863, S. 272, 288; 1865, S. 67, 187; 1871, S. 403. Wagn. Jahresber. 8, 732; 10. 725. Dagner in Kärnthn. Ztschr. 1871, No. 4. Steinmann, c. l., S. 21. Stegmann, Gasfeuerung, S. 73. v. Kerpely, Fortschr. 8—10, S. 161. Kärnthn. Ztschr. 1878, S. 208. 6) Geschichtliches in B. u. h. Ztg. 1873, S. 27. v. Kerpely, Fortschr. 8—10, S. 6. 7) Dingl. 161, 342; 166, 270; 167, 283; 176, 17; 182, 216. B. u. h. Ztg. 1862, S. 240, 288; 1863, S. 124; 1865, S. 240; 1869, S. 379.

Princip hat sich immer mehr Bahn gebrochen, indem man bei vollkommenster Ausnutzung der Wärme (die Essengase haben nicht mehr als 200° Wärme) die höchsten Effecte erreicht (Brennstoffersparung, hohe Production, minderen Metallabgang, gute Qualität der Producte) und zwar besonders da, wo es sich um gleichmässige starke Hitzen handelt (Schweiss-, Glüh-, Stahlschmelzöfen u. s. w.), weniger, wo der Process bald höhere, bald niedrigere Temperatur verlangt (Puddeln), indem durch Aenderung des Luft- und Gasstromes die Temperatur immer erst nach einiger Zeit geändert wird. Trotzdem gestattet dieses Princip bei intelligenten Arbeitern auch beim Puddeln Vortheile. [1])

Krans [2]) berechnet, dass die Verbrennungstemperatur des Steinkohlengases von Gobain (S. 141) vor der Erhitzung im Regenerator 1728° beträgt, während die Temperatur der durch die Regeneratoren für einen Schweissofen erhitzten abziehenden Gase auf 3023—3156° stieg. Der Heizeffect der Gase vertheilt sich so, dass

auf Heizverlust durch die Esse	11.31 Proc.	23.86 Proc.
„ „ „ Transmission der Regeneratoren . . .	12.55 „	
auf die Erhitzung des Eisens . .	15.48 „	76.14 Proc.
auf die im Ofen bleibende Hitze und für die Transmission der Ofenwände	60.66 „	

kommen, so dass von dem Heizeffect der Gase 23.86 Proc. verloren gehen. Bezieht man dieses, unter Hinzurechnung des Wärmeverlustes im Generator von 31.71 Proc. (S. 141), auf die Steinkohlen, so beträgt der Verlust 48 Proc.

Da dieser Verlust dadurch mit hervorgebracht wird, dass man den Gasen durch vorherige Abkühlung Wärme und noch brennbare Kohlenwasserstoffe entzieht, so ist man neuerdings (z. B. Ziebarth, Pütsch [3]) und Ponsard) bemüht gewesen, die Regeneratoren den Gasgeneratoren möglichst nahe zu stellen, den Wechselklappen (S. 173) eine zweckmässigere Einrichtung zu geben, so dass sie durch die Hitze und Theerdämpfe weniger leiden (Glockenventile) [4]) und die durch Theer verstopften Regeneratorkammern auf einfache Weise öfters auszubrennen. Den Grund der Versetzung der Regeneratoren hat Borbely [5]) ausser in Theercondensation und Flugstaub der Generatoren in aus Chloreisen in den Verbrennungsproducten abgesetztem Eisenoxyd erkannt. Die Siemensöfen sind kostspielig in der Anlage, haben wegen erforderlicher Umstellung der Wechselklappen keinen continuirlichen Betrieb und lassen eine Anwendung der abgehenden Hitze zur Dampferzeugung nicht zu, weshalb nach Kupelwieser [6]) ihre Anwendung bei gutem Brennmaterial dann fraglich wird, wenn durch separate Feuerung zu erzeugender Dampf zum Betriebe erforderlich ist.

Construction der Regeneratoren.

Die Regeneratoren [7]) (Wiederbeleber, Wärmemagazine) sind aus feuerfestem Material gemauerte Kammern, ausgefüllt mit gitterartig in solchen Zwischenräumen neben und über einander gestellten Steinen, dass diese eben so viele Zwischenräume wie Füllung geben (Fig. 115). Neuerdings wenden Siemens u. A. die Gittersteine nicht in Schachbrettform, sondern in horizontalen oder verticalen Canälen an, um sie

1) B. u. h. Ztg. 1865, S. 67; 1868, S. 443; 1870, S. 360; 1874, S. 353. v. Kerpely, Eisen auf d. Wien. Ausst., S. 179.
2) B. u. h. Ztg. 1870, S. 43, 52 (S. 141). Preuss. Ztschr. 18, 153.
3) Pütsch u. Ziebarth, verbess. Gasfeuerungen mit Regeneratoren. Berlin 1865. v. Kerpely, Fortschritte. Bd. 4, Taf. 4, Fig. 6—10. Dingl. 180, 127; 183, 368, 379; 218, 523. B. u. h. Ztg. 1865, S. 315; 1866, S. 184; 1876, S. 126. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 8, 658. Siemens Erwiderung gegen Ziebarth u. Pütsch in Dingl. 180, 322. B. u. h. Ztg. 1866, S. 220.
4) B. u. h. Ztg. 1871, S. 32; 1877, S. 26, 456. Kärnthn. Ztschr. 1871, S. 78. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 17, 644.
5) B. u. h. Ztg. 1877, S. 103.
6) B. u. h. Ztg. 1871, S. 34.
7) Preuss. Ztschr. 18, 151 (Kosmann). Dingl. 183, 379. v. Kerpely's Fortschr. 4, 181. Kärnthn. Ztschr. 1871, No. 4. Berggeist 1871, No. 52. B. u. h. Ztg. 1871, S. 404; 1874, S. 353. Ledebur, Oefen f. metallurg. Processe 1878, S. 63.

besser von Staub u. s. w. reinigen zu können, wobei die Canäle aus passend geformten gelochten Chamottestücken gebildet werden. Man lässt die aus dem Ofen (Puddel-, Schweiss-, Stahlofen u. s. w.) abziehenden Gase durch den einen Regenerator gehen und die wegen ihrer hohen specifischen Wärme für die Aufspeicherung derselben besonders geeigneten Steine sich stark erhitzen, bis der andere Regenerator durch den zum Ofen ziehenden Gasstrom abgekühlt ist. Dann wechselt man durch eine geeignete Ventilcombination die Direction, führt denselben Gasstrom durch den ersten Regenerator in den Ofen und die Abhitze durch den zweiten bis zu hinreichender Abkühlung des ersteren, worauf das Spiel von Neuem beginnt. In ähnlicher Weise wird durch ein zweites Regeneratorsystem die Verbrennungsluft erhitzt. Bei dieser Verbrennung der erhitzten Gase durch heisse Luft wird deren pyrometrischer Wärmeeffect sehr gesteigert.[1] Da zur vollständigen Verbrennung der Gase ein Luftüberschuss (etwa 20 Proc.) erforderlich (S. 85), die Wärmecapacität der Luft im Verhältniss von 19 : 16 grösser als die des Gases ist und sich eine stärkere Erhitzung der Luft als die des Gases empfiehlt, so giebt man den Regeneratoren für Luft nahezu den doppelten Inhalt von denen für die Gase, um dann mit Hilfe der Absperrventile je nach Bedarf eine oxydirende, neutrale oder reducirende Flamme erzeugen zu können.

Während man in Schweden nach grossen Regeneratoren trachtet, so zieht man in andern Ländern je nach der Beschaffenheit des Brennstoffes möglichst kleine vor und erhöht dafür deren Zahl, was den Vortheil hat, dass man mehrere derselben einstellen kann, wenn einzelne Oefen kalt gelegt werden. Auch kann man sie der Reihe nach leicht reinigen, ohne Gasmangel zu befürchten. In Kärnthen sind statt Kammern lange, mit Roheisenplatten bedeckte Canäle mit Gitterwerk üblich, welche leicht zugängig sind; aber die Bodenoberfläche wird theilweise heiss und es bedarf viel Platzes. Für sehr wasserhaltige Brennstoffe müssen die Generatoren grösser sein, als für wasserarme.[2])

Zur Regelung des Zutrittes von Luft und Gas zum Regenerator dient ein Absperr- (Teller-) Ventil, bei Puddelöfen z. B. für Gas von 38, für Luft von 46 cm Durchmesser; in einiger Entfernung dahinter befindet sich eine Wechselklappe, am Besten mit horizontaler Drehungsaxe, welche nach Art eines Vierweghahnes die eine Hälfte der Regeneratoren abwechselnd mit der Gas- resp. Luftleitung oder mit der Esse in Verbindung setzt. Wie bereits (S. 173) erwähnt, hat Pütsch mit Vortheil die Klappenventile durch Glocken- oder Haubenventile ersetzt. Jeder Ofen hat 4 Regeneratoren, von denen je 2 zu einem Systeme für die gleichzeitige Erhitzung von Gas- und Verbrennungsluft combinirt sind.

Die Regeneratoren liegen seltener zur Seite, als unter dem zu heizenden Ofen (Schweissöfen, Puddelöfen, Pribramer Treibofen[3])). Erstere Construction ist zwar einfacher und billiger, weil sie keinen so kostspieligen Unterbau erfordert, lässt aber eine grössere Transmission von Hitze zu und beengt den Raum neben dem Ofen, was z. B. bei um ein Walzwerk oder einen Dampfhammer aufgestellten Schweissöfen sehr störend wirken kann. Lage der Regeneratoren.

1) B. u. h. Ztg. 1862, S. 274. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1864, S. 669. Steinmann, Compend., S. 21. 2) B. u. h. Ztg. 1874, S. 353. 3) B. u. h. Ztg. 1878, S. 249.

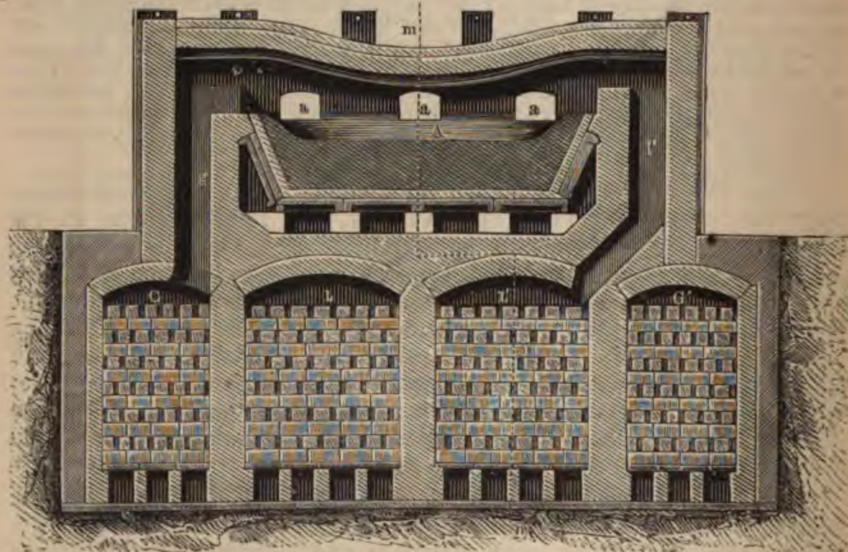
Wittenström[1]) legt die Regeneratoren paarweise über den zu erhitzenden Ofen, lässt Gas und Luft durch mittelst Muschelschieber zu öffnende und schliessende Canäle von oben in die Regeneratoren, dann erhitzt unten aus denselben in zwei verticale, mit senkrechten Zungen zur gleichmässigen Vertheilung und Ausströmung versehene Canäle treten, indem die Luft im hintern, das Gas im vordern Canal aufsteigt und beide sich über der Feuerbrücke vereinigen. Durch diese Lage der Regeneratoren sollen erzielt werden: ein minder umständlicher und billigerer Bau, Nichtbelästigung durch zusetzende Wasser, weniger lange Röhrenleitungen zwischen Ofen und Regenerator, also mindere Abkühlung der Gase u. s. w. Durch passende Ummantelung wird der zu starken Ausstrahlung der Wärme begegnet.

Die Luft- und Gasgeneratoren müssen so combinirt sein, dass die Mischung und Verbrennung von Gas und Luft nicht schon innerhalb der Regeneratoren, sondern zur Erzielung des höchsten Heizeffectes und zur Schonung der ersteren erst im Ofen stattfindet.

Lage der Luft- und Gaszuführungscanäle.

Wo eine oxydirende Wirkung auf das Product schädlich sein kann, z. B. beim Puddeln und Schweissen, wählt man eine solche Einrichtung, dass die Herdsohle und die zu erhitzenden Gegenstände, soweit Gas und Luft noch unvermischt auf den Herd treten sollten, zunächst nur von dem Gase und nicht von der Luft erreicht werden. Siemens erzielt dieses bei seiner Construction für Puddelöfen durch Mischung mehrerer Ströme von Gas und Luft, welche in gleicher Entfernung von der Mittellinie des Herdes, das Gas unten und die Luft

Fig. 115.

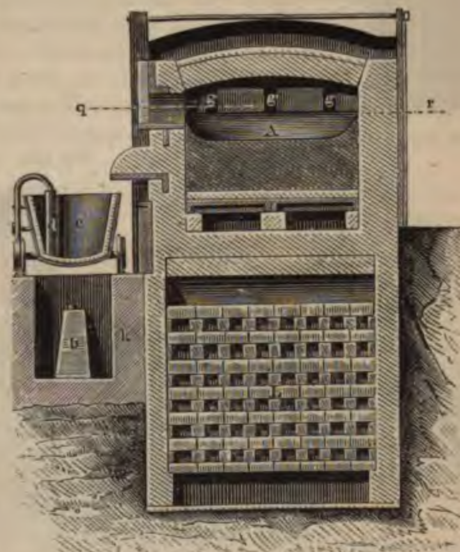


oben, abwechselnd an den schmalen Seiten im Ofen austreten. Es dienen die beiden inneren Generatoren zur Erhitzung der Luft, die beiden äusseren zu der des Gases und zwar münden je zwei Regeneratoren für Gas und Luft durch senkrechte Canäle in eine gemeinschaft-

1) Oest. Ztschr. 1875, No. 8 (Abbldg.). B. u. h. Ztg. 1872, S. 356, 411; 1875, S. 201 (Abbldg.).

liche Feuerbrücke, aus welcher das Gas durch zwei, die Luft durch drei Oeffnungen, sämmtlich unter sich alternirend, austritt, und zwar die Luft etwa 10 cm unter dem Ofengewölbe, das Gas 23 cm tiefer. Letzteres bewegt sich schon frei auf dem Herde, während die Luft noch höher steigen muss und durch einen 40 cm langen, sich auf 5 cm verengenden Fuchs zum Herde gelangt, auf welchem Wege nur ein Theil der Luft zum Herde geht, ein anderer sofort seitlich der Ausströmungsöffnungen hinabsteigend sich mit den Gasen mischt. Nach einer andern Construction liegt der Luftgenerator an der Aussenseite des Ofens, die Luft steigt hinter dem Gase empor und zwar beide bei sich gleich bleibendem Querschnitt des Regenerators bis nahe unter das Ofengewölbe. Beide treten dann durch einen 18 cm hohen und 55—60 cm langen Fuchs, welcher für den Weg der Luft sich um die Breite des Regenerators verlängert, in der ganzen Breite des Herdraumes aus, so dass nach diesem Principe im Gegensatz zum ersteren eine Oxydation im Herde vermieden wird durch Mischung je eines Stromes von Luft und Gas, welche in gleichem Niveau, aber in ungleicher Entfernung von der Mittellinie des Herdes austreten.

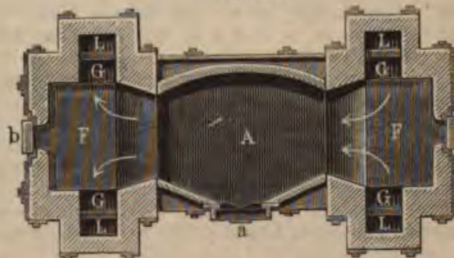
Fig. 116.



Als Beispiele für die Lage der Gas- und Luftcanäle **an den schmalen Seiten** des Ofens mögen folgende dienen: Beispiele.

Siemens-Martinofen (Fig. 115. 116). *A* Sandherd auf eisernen Platten. *a* Arbeitsöffnungen. *L* und *L'* Luftregeneratoren, *G G'* Gasregeneratoren mit den auf den Herd führenden entsprechenden Canälen *l l'* und *g g'*. *c* Giesspfanne, auf der Schienenbahn *B* über die die Formen enthaltende Giessgrube zu fahren.

Fig. 117.



Puddelofen (Fig. 117). *A* Herd mit Arbeitsöffnungen *a* und *b*. *F* Vorglühherde. *L* Luft- und *G* Gascanäle, zu den entsprechenden Regeneratoren unterhalb des Ofens führend.

Ein Gussstahlschmelzofen mit Regenerativgasfeuerung hat z. B. nachstehende Einrichtung (Fig. 118. 119): *A* Gasgenerator. *a'* Rost. *b'* Füllcylinder. *d* Gasableitungscanal. *c* Absperrventil [1]). *a* Wechselklappe, bei

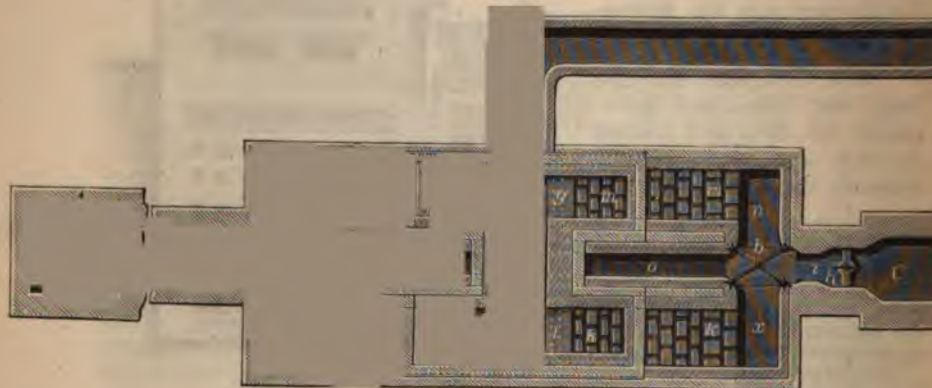
1) Die Absperrventile *c* und *h* müssen geöffnet sein.

deren Stellung auf der Figur die Gase in den Raum *e*, dann durch die glühenden Steine der Regeneratorkammer *f* und zuletzt über die Feuerbrücke *g* vorn in den durch einen beweglichen Deckel *s* zu schliessenden Schmelzraum *B* für die Gussstahltiegel ziehen. Die Verbrennungsluft tritt durch ein Gitter in den Raum *C* ein, zieht bei geöffnetem Absperrungsventil *h* [1]) durch *i* an der Wechselklappe *b* vorbei in *x*, steigt im heissen Regenerator *k* in die Höhe, strömt über die Feuerbrücke *l* aus, mischt sich mit den Gasen aus *g* und die entstehende Flamme durchzieht den

Fig. 118.



Fig. 119.



Herd seiner Länge nach. An dessen Ende theilt sich die Feuerluft, ein Theil zieht durch *y*, *m*, *n* und *o* in den zur Esse führenden Hauptcanal *D* und erhitzt hierbei den Regenerator. Auf der andern Seite nimmt die Feuerluft zu gleichem Zwecke einen ähnlichen Lauf durch *z*, *p*, *q* und *r* nach *D*. Sind nun die Regeneratoren *f* und *k* abgekühlt, *p* und *m* aber hinreichend erhitzt, so stellt man die Wechselklappen *a* und *b* um, worauf Gas und Luft den entgegengesetzten Lauf nehmen.

Seltener, aber in compendiöserer Weise legt man die Regeneratoren paarweise unter dem Ofen übereinander, so dass Gas und Luft an der der Arbeitsöffnung gegenüber liegenden breiten Ofenseite [2]) in den Ofen treten, worauf die Flamme rund im Ofenraum herumspielt und durch ein anderes neben dem ersteren an der Breitseite gelegenes Canalsystem zu den Regeneratoren zieht.

---

1) Die Absperrventile *c* und *h* müssen geöffnet sein. 2) B. u. h. Ztg. 1873, S. 195, Taf. 5, Fig. 11, 12; 1874, S. 353, Taf. 9, Fig. 7, 8.

Anwendung der Regenerativ-Gasfeuerung.

Man wendet die Siemens'sche Regenerativgasfeuerung seltener zur Erzeugung minderer Temperaturen an, wie z. B. zur Gebläsewinderhitzung [1]), für Schweelöfen und Leuchtgaserzeugung [2]), Blechglühöfen [3]) u. s. w. —, als zur Erzielung höherer Hitzen, wie zum Puddeln [4]), Schweissen [5]), zum Schmelzen von Stahl in Tiegeln [6]) und Flammöfen nach den Methoden von Martin [7]), Gjers [8]) und Bérard [9]), zur Darstellung von Stahl aus Erzen [10]), zur Zinkdestillation [11]), zum Glasschmelzen [12]), zum Emailleschmelzen [13]), zum Kupfersteinconcentriren [14]) u. s. w.

Ersetzung der Siemensöfen.

Für Processe (z. B. gewöhnliches Schweissen), welche nicht die höchsten Temperaturen wie Stahlschmelzöfen erfordern, hat man für die in ihrer Anlage und Unterhaltung sehr kostspieligen Siemensöfen, welche, wie bemerkt (S. 192), keinen continuirlichen Betrieb gestatten und wegen Verdichtung der Theerdämpfe die Brennkraft der Gase schwächen, andere billigere Ofenconstructionen an die Stelle gesetzt, bei welchen die Gase heisser und noch mit den Theerdämpfen beladen in den Ofen gelangen (Ponsard, Bicheroux, Pütsch) und wobei nur die Luft besonders erhitzt wird, so dass bei meist continuirlichem Betriebe keine Umstellung von Wechselventilen erforderlich ist. Ausserdem lassen sich die abziehenden Gase zur Dampferzeugung benutzen.

Bicheroux's Ofen (S. 183) kann nach Taskin [15]) in vielen Fällen den Siemensofen ersetzen und in schon bestehenden Werken leicht eingeführt werden, ohne bestehende Dispositionen wesentlich ändern zu müssen. — Ponsard's Ofen (S. 182) soll nach Perissé [16]) den Siemensofen hinsichtlich der Ausnutzung des Brennmaterials um 5—6 Proc. bei einem gewöhnlichen Gasgenerator, und um 10 bis 13 Proc. übertreffen, wenn das Gas mit im Recuperator erhitztem Winde verbrannt wird. Auch soll der Ponsardofen etwa $^1/_3$ weniger Eisenabgang beim Schweissen geben, indem die theerhaltigen Bestandtheile der Gase deren reducirende Wirkung befördern. Nach Ziebarth [17]) eignet sich ein Ponsard'scher Recuperator besonders da, wo der Siemens'sche Regenerator wegen des nothwendigen Wechsels der Flammenrichtung nur schwer bei Herdformen zu verwenden ist, welche eine unsymmetrische Gestaltung zu den beiden Seiten der Mittellinie nicht gestatten, wie bei vielen Metallschmelz- und Raffiniröfen. — Dem Ponsardofen ähnlich ist derjenige von Kleinwächter [18]), bei welchem ebenfalls die Verbrennungsluft in Canälen von den abziehenden Feuergasen erhitzt wird.

Den Uebelstand der Ponsardöfen, dass durch Schadhaftwerden der Canäle im Recuperator eine zu Unregelmässigkeiten führende Vermischung der Feuergase und der Luft stattfinden kann, hat Pütsch in seiner Ofenconstruction (Fig. 119a u. b) vermieden. Es sind aber dabei Wechselklappen zur Regulirung des Luftstromes wieder nöthig geworden, bei deren Umstellung die Verbrennung momentan unterbrochen wird.

---

1) B. u. h. Ztg. 1860, S. 428, 482; 1862, S. 19, 240, 227; 1866, S. 191; 1870, S. 107. Kerl, Met. 1, 652. Percy-Wedding, Eisenh. 2, 146. Samml. v. Zeichnung. f. d. Verein Hütte 1868, No. 33.
2) B. u. h. Ztg. 1863, S. 272. Mitthl. d. hannöv. Gew.-Ver. 1863, S. 41. Polyt. Centr. 1860, S. 1401.
3) B. u. h. Ztg. 1866, S. 83. Berggeist 1865, No. 57.
4) B. u. h. Ztg. 1863, S. 272; 1865, S. 68; 1866, S. 443; 1869, S. 187, 322; 1870, S. 360. Mittheil. d. hannöv. Gew.-Ver. 1863, S. 41. Krans, c. l. (S. 129). Siemens, on puddling iron. London 1868 (Dingl. 190, 203; Berggeist 1869, No. 29 u. 30). Kosmann in Preuss. Ztschr. 18, 145. Kerl, Met. 3, 503. Steinmann, c. l. Zerrenner, c. l.
5) B. u. h. Ztg. 1862, S. 273; 1865, S. 68, 315. Krans, c. l. Kerl, Met. 3, 512. Steinmann, c. l. Zerrenner, c. l. Berggeist 1870, 532.
6) B. u. h. Ztg. 1862, S. 273; 1864, S. 258; 1867, S. 176, 362; 1868, S. 213. Knut-Styffe's Bericht über die Pariser Ausstellung, deutsch von v. Tunner 1868, S. 21, 22. Samml. von Zeichn. f. d. Verein Hütte 1864, No. 19.
7) B. u. h. Ztg. 1868, S. 120, 214, 314, 326, 407; 1869, S. 28, 112, 127, 235, 294, 449. Knut-Styffe, c. l., S. 24.
8) B. u. h. Ztg. 1869, S. 254.
9) B. u. h. Ztg. 1870, S. 23, 83, 361.
10) B. u. h. Ztg. 1869, S. 338.
11) Krans, c. l., S. 123. B. u. h. Ztg. 1867, S. 362; 1869, S. 405.
12) Wagner's Jahresb. 9, 402; 12, 318; 13, 342; 15, 351.
13) B. u. h. Ztg. 1866, S. 184.
14) Berggeist 1869, No. 105.
15) B. u. h. Ztg. 1874, S. 434.
16) B. u. h. Ztg. 1876, S. 134.
17) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 17, 642.
18) Grothe's polyt. Ztschr. 1875, S. 52.

Fig. 119a u. 119b. **Glühofen mit directer Gasfeuerung bei natürlichem Luftzuge.** Die brennbaren Gase treten aus dem Generator *A* über die Feuerbrücke *B*, mischen sich hier mit heisser Luft aus dem Canal *h*, verbrennen im Herdraum *C* und die Verbrennungsproducte ziehen durch *b* nach der Steuerkammer *D*, von da durch die mit Schieber nicht geschlossene Oeffnung d_1 in den Regenerator E_1, dann bei der in der Zeichnung gewählten Luftklappenstellung *F* durch c_1 und *e* in den Schornstein. Die Verbrennungsluft tritt durch das mit Regulirschieber versehene Luftloch *f* durch c_2 in den erhitzten Regenerator E_2, von dort durch die Oeffnung g_2 in die zweite Steuerkammer *G*, dann durch *a* und *h* über die Feuerbrücke. Ist nach einiger Zeit der Regenerator E_2 erkaltet und E_1 erhitzt, so stellt man die Luftklappe *F* nach der entgegengesetzten Seite, worauf dann die Feuergase durch die frei gemachte Oeffnung d_2 nach dem Regenerator E_2, dann durch c_2 nach dem Schornsteincanal *e* ziehen, die Luft dagegen aus *f* durch c_1, E_1, g_1, *G*, *a*, *h*.

Fig. 119a.

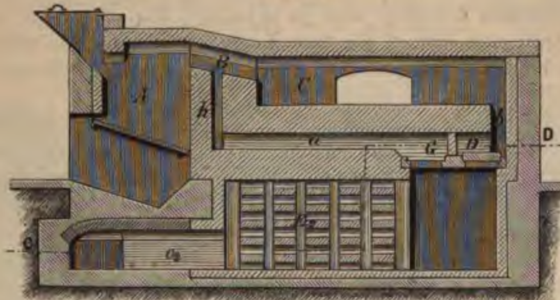


Fig. 119b.

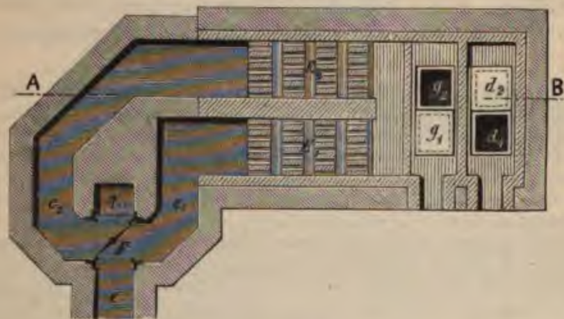
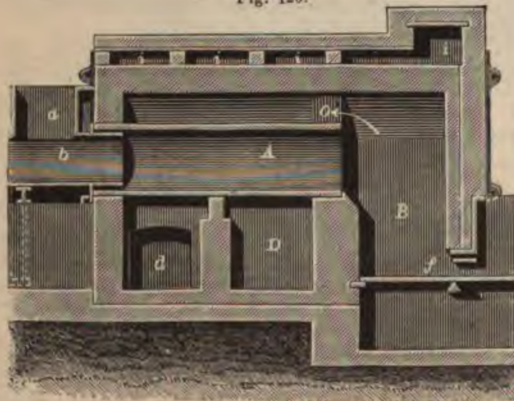


Fig. 120.



Gröbe und **Lürmann**[1]) haben einen Generator (Fig. 120) construirt, in welchem die rohen Brennmaterialien zunächst in einem Raum durch die überflüssige Hitze des betreffenden Ofens verkohlt (entgast), dann die Kohlen glühend in den Generator geschafft und vergast werden, während sonst beide Processe in ein und demselben Raume vorgehen und Störungen hervorbringen. Es soll nach vorgenommener Berechnung der **Gröbe-Lürmann'sche** Generator eine um 72.14 Proc. günstigere Ausnutzung des Brennmaterials gestatten und um 18 Proc. höhere theoretische Maximaltemperaturen ge-

1) Gröbe-Lürmann's Generator. Osnabrück 1878. Balling in Oest. Ztschr. 1878, No. 13.

als die Siemensgeneratoren mit Regeneratoren. — Fig. 120: *A* Entgasungste, mit Rohr *b* in Verbindung, aus welchem die durch den Fülltrichter *a* einachten Kohlen durch eine Schnecke in die Retorte *A* transportirt und nach Vercokung in den mit Rost *f* versehenen Gasgenerator *B* geschoben werden. aus letzterem aufsteigenden heissen brennbaren Gase umspielen, durch *o* enthend, die Retorte *A* und liefern die Vercokungswärme, ziehen durch *D* unter Retorte hin und gelangen durch *d* nach dem Orte ihrer Verbrennung, nachdem die aus *A* austretenden Verkohlungsgase damit gemischt haben. In den Can *i* erhitzt sich die Verbrennungsluft. Schon Siemens[1]) hat darauf aufmerksam acht, dass durch eine räumliche Trennung der Destillation von der Verbrennung Bildung der Kohlensäure sich vermindert und dies schon durch Herabgleitenen des rohen Brennstoffes auf einer schiefen Ebene im Generator sich herbeien lasse (S. 173). Nach ähnlichem Princip arbeitet der Puddelofen zu Couillet.[2])

---

4. Abschnitt.

Hüttenapparate und Geräthschaften.

56. Classification der Apparate. Es lässt sich für dieselben gende Eintheilung machen[3]): Eintheilung der Apparate.

I. Apparate für trockne Processe.

A. Hauptapparate. (Oefen.)
1. Herdöfen ohne und mit Gebläse.
2. Schachtöfen.
   a) Zugschachtöfen.
   b) Gebläseschachtöfen, welche sich classificiren lassen:
      α) nach der Höhe in Krumm-, Halbhoh- und Hohöfen;
      β) nach dem Zumachen in Tiegelöfen mit geschlossener oder offener Brust, in Sumpföfen und in Spuröfen mit einem oder mit zwei Augen (Brillenöfen), das Auge bald offen, bald verdeckt.
3. Flammöfen und zwar:
   a) nach der Luftzuführung in
      α) Zugflammöfen;
      β) Gebläseflammöfen, bei welchen der Gebläsewind entweder zur Verbrennung des Brennmaterials (Unterwind- und Oberwindöfen), oder zur Oxydation der zu behandelnden Substanz (eigentliche Gebläseöfen) oder zu beiden Zwecken dienen soll.
   b) nach der Befeuerung:
      α) Oefen mit directer Befeuerung;
      β) Oefen mit indirecter Befeuerung (Gasöfen).
   c) nach der Verwendung:
      α) Röstflammöfen;
      β) Schmelzflammöfen.
   d) nach der Herdeinrichtung:
      α) Oefen mit unbeweglichem Herd;
      β) Oefen mit beweglichem Herd.
4. Gefässöfen und zwar:
   α) nach der Gestalt der Gefässe in Tiegel-, Retorten-, Muffel-, Röhren-, Galeerenöfen u. s. w.;
   β) nach dem Zwecke in Röst-, Schmelz-, Saiger-, Destillir-, Sublimir- und Cementiröfen;

…, 61. 2) B. u. h. Ztg. 1879, S. 1. 3) Die siderometallur…uptsache nach in dem Grundrisse der Eisenhüttenkunde abge-

γ) nach der **Windzuführung** in **Zug- und Gebläseöfen**;
δ) nach der Befeuerung in solche mit **directer Heizung** (Glühe- oder Flammenfeuer) oder **indirecter Heizung** (Gasöfen).

B. **Nebenapparate.** Vorrichtungen zur **Condensation des Hüttenrauches**, welcher aus pulverförmigen Substanzen, Metalldämpfen oder Gasen bestehen kann.
  1. Vorrichtungen für **mechanische Wirkung** (Flugstaubkammern, Regenkammern, Aspiratoren).
  2. Apparate für chemische Wirkung (Verwandlung von schwefliger Säure in Schwefelsäure, Zersetzung derselben durch Cokes u. s. w.).

C. **Hilfsapparate.**
  1. Zur Beförderung der chemischen Action.
    a) **Gebläse** nebst Zubehör (Windregulatoren, Winderhitzungsapparate, Windleitungsröhren, Düsen, Formen u. s. w.);
    b) **Zerkleinerungs-, Trennungs- und Mengapparate.**
  2. Zum Transport der Materialien, zur weiteren mechanischen Behandlung der Producte u. s. w. **Förder- und Streckapparate, Gezäh** u. s. w.

II. Apparate u. s. w. für nasse Processe.

A. **Auflösungs- und Fällungsgefässe.**
B. **Amalgamirapparate.**

I. Theil. Apparate für trockne Processe.

1. Capitel. Hauptapparate (Oefen).

Erforderliche Beschaffenheit.

57. Ofenbaumaterialien. [1]) Die Oefen sind, mit Ausnahme einiger Röstvorrichtungen mit wandelbarer Hülle, aus einem innern, der Hitze direct ausgesetzten Theile (**Kernmauerwerk**) und einem dasselbe umgebenden äussern Theil (**Mantel, Rauhmauerwerk**) zusammengesetzt, welch letzterer ersteren schützen und die Wärme zusammenhalten soll und aus gewöhnlichem Bauconstructionsmaterial (Bausteinen, Eisen u. s. w.) bestehen kann, während man an die Materialien zu den inneren Ofentheilen ausser möglichst leichter und billiger Beschaffung mehr oder weniger nachstehende Anforderungen stellen muss:

Feuerfestigkeit.

a) **Feuerbeständigkeit.** [2]) Der Begriff derselben ist relativ, indem ein an und für sich feuerbeständiges Material in Berührung mit andern Substanzen wegschmelzen kann, der unter e) angedeutete Fall. Am feuerbeständigsten sind diejenigen Materialien, welche nur eine Base (Kalkstein, Magnesit) enthalten oder im Wesentlichen aus Kieselsäure (**Sandstein** mit quarzigem Bindemittel, **Puddingstein, Dinassteine**) oder Thonerde (**Bauxit**) bestehen.

Reine Thonerde zeigt bei Platinschmelzhitze kein Zeichen irgend einer Schmelzung, während Kieselsäure in derselben sich mit einem lebhaft glänzenden Schmelz überzieht und eine glasartige, theils durchscheinende Masse mit glasigem Bruche bildet.

---

1) Oest. Ztschr. 1876, No. 19 (v. Ehrenwerth). 2) Kerl, Thonwaaren-Industrie, 2. Aufl. S. 491. Bischof, feuerfeste Thone 1876. Kerl, Oberharzer Hüttenprocesse 1860, S. 265. 1 Met. 1, 351. Dingl. 210, 105; 211, 1052. B. u. h. Ztg. 1873, S. 20. 267 (E S. 176, 367 (Snelus); 1876, S. 402 (Egleston). Cook and [illegible] sits in New Jersey. Trenton 1878. Percy, Metallurgy 1875, [illegible] (Paris. Ausst.).

Wegen nur lokalen Vorkommens oder übler Eigenschaften dieser Materialien (Reissen oder Zerfallen in der Hitze) kommen jedoch häufiger Verbindungen von Kieselsäure mit nur einer Erde, als: Thonerde (Thon in reinem Zustande mit 57.4 Kieselsäure und 42.6 Thonerde, gewöhnlich in feuerfestem Zustande mit 50—65 Kieselsäure, 35—25 Thonerde und 15—10 Wasser, gewöhnlich einige Zehntel bis 1 Proc. Alkalien, Spuren von Kalkerde und Magnesia und 2—3 Proc. Eisenoxyd), Magnesia (Serpentin, Speckstein) u. s. w. in Anwendung, welche um so feuerbeständiger sind und dann für Hüttenapparate meist vollständig genügen, je reicher sie an der Hauptbase und je ärmer sie an anderen als Flussmittel wirkenden Basen (Alkalien, Eisenoxyd, Kalkerde, Magnesia) sind.

Gemenge von Thonerde und Kieselsäure in dem Verhältniss von 1 : 2, welches bei natürlichen Thonen häufig vorkommt, zeigen sich leichtschmelziger, als die Componenten, und schmelzen in annähernder Schmiedeeisenschmelzhitze; mit zunehmendem Thonerdegehalt wird die Verbindung strengflüssiger. Setzt man zu obigem Gemenge 4 Proc. je eines Flussmittels, so zeigt sich ersteres in höherer Temperatur am dünnflüssigsten bei Magnesia, dann folgen der Reihe nach Kalkerde, Eisenoxyd und Kali.

An Flussmitteln reichere Silicate können aber für manche Zwecke, wo es sich nicht um die Erzeugung sehr hoher Temperaturen handelt, angewandt werden (Lehmsteine, Thonschiefer und Thonschiefersteine, Talkschiefer, Chlorit, Grünstein u. s. w.). Aus Gemengen bestehende Ofenbaumaterialien (Granit, Gneuss, Glimmerschiefer u. s. w.) sind je nach der Innigkeit des Gemenges, dem Vorwalten des einen oder des anderen der Bestandtheile u. s. w. von verschiedenem Grade der Feuerbeständigkeit. Minder feuerfeste Materialien lassen sich durch Zusätze häufig feuerbeständiger machen (Cokessteine, Bauxitsteine, Graphitsohlen, Chamottesteine).

Die Gesammtanalyse eines Thones lässt wohl Schlüsse auf dessen Feuerbeständigkeit zu, gewährt aber keine Einsicht in das physikalische Verhalten, welches die neuerdings besonders von Seger und Aron ausgebildete rationelle Analyse mehr aufklärt, indem dieselbe die durch eine mechanische Analyse separirten einzelnen Bestandtheile des Thones näher untersuchen lässt. Meist bedarf es jedoch noch einer pyrometrischen Untersuchung des Thones, um die Resultate dieser Analysen zu bestätigen (Methoden von Löwe[1]), Otto[2]), Bischof[3]) und Richters[4]). Otto vergleicht das Verhalten der Probesteine mit Normalsteinen im Sefström'schen Ofen; Bischof und Richters mengen die Probethone in verschiedenen Verhältnissen mit Kieselsäure und Thonerde, setzen dieselben dann mit einem als sehr feuerfest bekannten Normalthon einer gewissen hohen Temperatur aus, in welcher sich Probe- und Normalthon gleich verhalten müssen, und nehmen dann die Menge des Zusatzes als Massstab für die Feuerbeständigkeit an.

b) Aushalten in der Hitze, ohne zu reissen.[5]) Die feuerfesten Materialien (Quarz, sehr fette Thone) können in der Hitze reissen und deshalb für einen vorliegenden Zweck unanwendbar sein. Rissigkeit.

Durch Risse entweichen Gase und Wärme und es tritt eine Vermehrung der die Corrosion begünstigenden Oberfläche ein. In ähnlicher Weise wirken grössere Fugen zwischen den Steinen, welche durch Zusammenschleifen derselben thunlichst vermieden und durch Eintauchen der Steine in eine flüssige feuerfeste Mörtelmasse und Hin- und Herreiben bis zum genauen Anschluss noch mehr geschlossen werden.

---

1) Oest. Ztschr. 1861, No. 12. 2) Dingl. 163, 193. B. u. h. Ztg. 1862, S. 240, 263. 3) Dingl. 159, 54; 194, 420. Bischof, feuerfeste Thone, S. 92. 4) B. u. h. Ztg. 1868, S. 436. Dingl. 191, 150, 229. 5) Verh. d. Bausteine in der Hitze in B. u. h. Ztg. 1873, S. 63.

Zur Beseitigung des Reissens versetzt man z. B. zu fette Thone mit Magerungsmitteln (Sand, Chamotte, Steinzeugscherben, Graphit, Cokes, Holzkohle u. s. w.), welche nebenbei die Feuerbeständigkeit erhöhen (Graphit, Cokes, Holzkohle, Chamotte) oder auch vermindern können (Sand). Die letztere Wirkung tritt um so mehr ein, je inniger das Magerungsmittel dem Thone beigemengt ist. So wirkt Quarz in Pulverform schädlicher als in gröblicher Zerkleinerung und auch schädlicher als Chamotte. Den höchsten Grad der Güte besitzt ein Material, wenn dasselbe, weissglühend in kaltes Wasser gebracht, nicht reisst; meist genügt es, wenn ein weissglühend gemachter Stein an der Luft nicht rissig wird. Nicht chemische Analysen, sondern nur pyrotechnische Untersuchungen können über dieses Verhalten des Thones in der Hitze belehren.

Wärmeleitung.

c) Geringe Wärmeleitungsfähigkeit[1]), welche auf den Brennmaterialverbrauch wesentlich influirt.

Eisenhaltige Schlackensteine eignen sich wegen grösserer Wärmeleitungsfähigkeit nicht für Eiskeller.

Härte.

d) Hinreichende Härte und passende Lagerung, um namentlich im untern Kohlensack, in der Rast und beim Uebergang derselben ins Obergestell der mechanischen Abnutzung möglichst zu widerstehen.

Corrosion.

e) Aushalten in der Hitze, ohne von dem Schmelz- oder Brennmaterial corrodirt zu werden. Materialien, welche diese Bedingung vollständig erfüllen, giebt es nicht, da meist nicht zu vermeiden, dass saure und basische Bestandtheile, die sich gegenseitig auflösen, zusammenkommen. Namentlich greifen Alkalien[2]) und Metalloxyde (Blei- und Antimonoxyd, Eisenoxydul) die kieselsäurehaltigen Ofenbaumaterialien, z. B. die sehr feuerfesten Dinassteine, stark an, desgleichen Ofengase[3]), manche Schwefelmetalle (Schwefeleisen, Schwefelkupfer, Leche u. s. w.).

Zur Beurtheilung der Corrodirbarkeit der Thone durch flüssige Silicate schmilzt Bischof[4]) erstere mit Glas zusammen, wobei sich ergeben hat, dass für die geringere oder grössere Schmelzbarkeit eines Thones durch Glas dessen höhere oder tiefere pyrometrische Stellung von Einfluss ist.

Als mehr oder weniger wirksame Gegenmittel gegen eine solche Corrosion werden angewandt: die möglichste Auswahl basenreicher Ofenbaumaterialien (z. B. Serpentin, Magnesit, mit viel Chamotte versetzte Thonsteine) für basische Beschickungen, oder saurer Materialien (Sandstein, Dinas, Steine aus hoch silicirten Schlacken) für saure Beschickungen; Herstellung des Gemäuers aus möglichst indifferenten Stoffen (Cokessteine) oder Ueberkleiden desselben mit solchen (Gestübbe); grössere Dichtigkeit der Steine, abhängig von dem Arbeitsverfahren und der ursprünglichen Beschaffenheit des Thones; möglichste Verringerung der Fugen durch Zusammenschleifen der Steine; Kühlung der bezüglichen Ofentheile.

Die Kühlung[5]) bei Schachtöfen z. B. kann geschehen durch Berieselung mittelst Brausen, Spritzkegel oder aus einer gelochten Röhre, durch Circulation von Wasser in in das Mauerwerk eingesetzten mit einander verbundenen Kästen, durch eine Combination beider Methoden, durch Wassercirculation zwischen zwei Gürteln oder Mänteln (Gröditzer Cupoloofen, Freiberger Rundofen), durch Wassercirculation in den Formen u. s. w.; bei Flammöfen durch Wassercirculation in einzelnen Ofen-

1) Dingl. 159, 200, 282. 2) Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878, No. 29. Glaser's Annal. 1879, No. 37 u. 38. 3) B. u. h. Ztg. 1878, S. 288, 299. 4) Polyt. Centr. 1873, S. 772, 784. 5) Kerl, Grundr. d. Eisenhüttenkunde, S. 114, 293. B. u. h. Ztg. 1877, S. 324; 1878, S. 14 (Treibofen). Freiberger Jahrbuch 1878, S. 77 (Freiberger Ofen). B. u. h. Ztg. 1878, S. 149 (Gröditzer Cupoloofen). Oest. Ztschr. 1879, No. 1 (Pribramer Ofen). Dingl. 231, 42.

theilen (im Herdeisen bei Puddelöfen, unter dem Herd bei amerikanischen Treiböfen, in der Feuerbrücke u. s. w.) oder auch durch Luftcirculation in solchen. Bei Wasserkühlung, welche viel energischer wirkt als Luftkühlung (Wasser kann wegen grösserer specifischer Wärme und grösseren specifischen Gewichts etwa 3000 mal mehr Wärme aufnehmen, als das gleiche Volumen Luft, um auf gleiche Temperatur erwärmt zu werden), lässt man das Wasser zweckmässig in einem solchen Strahle zu- und abfliessen, dass dessen Temperatur nicht über 40—50° C. steigt, weil dann jede Gefahr durch Dampfbildung ausgeschlossen ist. Auch die Brennmaterialien greifen sowohl bei directer als indirecter Wirkung durch Flugasche, verflüchtigte Alkalien u. s. w. je nach ihrer Qualität und der Qualität der Beimengungen die feuerfesten Materialien mehr oder weniger an, so dass z. B. unter sonst gleichen Verhältnissen bei Fettkohlen der Thon andere Zusammensetzung haben muss, als bei mageren Kohlen. Auch ist die Wirkung der Hitze eine verschiedene, je nachdem sie das feuerfeste Material über, neben oder vor sich hat.

58. Feuerfeste Ofenbaumaterialien. Als solche kommen hauptsächlich zur Verwendung:

1) Natürliche feuerfeste Steine und zwar *Natürliche Massen.*

a) kieselsäurereiche in Gestalt von Sandsteinen[1]) mit quarzigem oder thonigem, weniger gut mit kalkigem und eisenschüssigem Bindemittel, möglichst frei von fremdartigen Einschlüssen (Steinkohlen, Thon u. s. w.) und im Ofen mit den Schichtungsflächen so gelagert, wie sie sich in der Natur fanden, auch vor der Verwendung am besten jahrelang an warmen, trocknen Orten zu lagern, was dem Reissen in der Hitze entgegenwirkt; Puddingstein[2]), grobkörniges Kieselconglomerat mit quarzigem Bindemittel, schwierig zu bearbeiten und vorsichtig zu erhitzen, weil dasselbe sonst wie reiner Quarz reisst; Granit (zu Gestellen[3]) in Wales), Gneuss (auf Schmöllnitzer Hütte[4])), Glimmerschiefer (in schwedischen Hohöfen[5])), Quarzschiefer[6]) (Oberschlesien) in Steinen oder gebrannt und gemahlen, Felsitporphyr, Itacolumit[7]) u. s. w.;

b) magnesiahaltige Gesteine, als: Serpentin, Speckstein, Talk- und Chloritschiefer (Kärnthner und Steyersche Hohöfen, ungarische Kupferöfen);

c) kalkhaltige Gesteine, seltener angewandt, z. B. Kalkstein aus der Silurformation in Schweden[8]); gebrannter Kalk zu Platinschmelzöfchen.

2) Künstliche feuerfeste Steine und Massen.[9]) Hierher gehören *Künstliche Massen.*

a) Gebrannte feuerfeste Thon- oder Chamottesteine, welche um so feuerfester sind, je reicher der Thon an Thonerde und je ärmer an Flussmitteln (S. 201) (Chamottesteine aus rohem und gebranntem Thon widerstehen den Temperaturwechseln besser ohne zu springen, als Steine aus Thon und Quarzkörnern, welche letzteren ebenso feuerbeständig oder noch feuerbeständiger, als erstere sein können; Steine aus mehr oder weniger feuerfestem Thon und feinem Sand,

1) Analysen in Erdm. J. 19, 21; 86, 385. 2) Valerius' Roheisenfabr., deutsch von Hartmann. 1851, S. 314. B. u. h. Ztg. 1859, S. 311; 1862, S. 87. v. Tunner's Ber. über die London. Ausstellung. 1862. Notizbl. d. deutsch. Ziegler-Ver. 14, 92. 3) Hartmann's Fortschr. d. Eisenhüttenwes. 1, 215. 4) Oest. Ztschr. 1859, No. 38. 5) B. u. h. Ztg. 1857, S. 127. 6) Dürre, Gissereibetrieb 1, 471. 7) Polyt. Review 1878, Vol. 2, p. 196. 8) B. u. h. Ztg. 1857, S. 126. 9) Kerl, Thonwaaren-Industrie, 2. Aufl., S. 491. Bischof, feuerfeste Thone. Kerl, Met. 1, 355. v. Kerpely's Fortschr., Bd. 1—12. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 20, 600 (Keller). Amer. Chemist 1872, Vol. 2, No. 11, p. 416. B. u. h. Ztg. 1878, S. 261.

namentlich bei rundlichem Korn desselben, platzen nach der Verwendung leicht; Chamottesteine eignen sich bei intermittirendem Ofenbetrieb besser als Dinassteine, welche dabei leicht reissen. Flintshire- oder Dinassteine und Quarzziegel, erstere aus einem natürlich vorkommenden kalk- und thonerdearmen Sandstein (Dinassandstein [1]), letztere aus Quarz bei Zusatz von etwas Thon, Kalk, Magnesia oder organischen Klebmitteln, wie Syrup und Kleister hergestellt [2]) (z. B. Quarzsteine von Keller in Stolberg, von Lange in Brieg); Magnesit-[3]) und Bauxitziegel [4]) (Bauxit mit 60—78 Al_2O_3, 1—5 Fe_2O_3, 8—12 SiO_2, 12—15 H_2O), sehr feuerfest, wenn hinreichend eisenarm; Cokessteine [5]) aus einem Gemenge von gesiebter Cokeslösche mit Thonwasser u. s. w.; Kohle (Cokes, Graphit, Anthracit) mit Theer angeknetet und das Gemenge geglüht (zu beweglichen Herden in Cupoloöfen, zum Auskleiden von rotirenden Oefen u. s. w.); Serpentinziegel, in Hohöfen zu Prevali nicht bewährt gefunden.

b) Masse, ungebrannter feuerfester Thon mit stark gebranntem Thon (Chamotte), Quarz, Serpentin, Cokesklein, Graphit u. s. w. in mehr oder weniger groben Bruchstücken versetzt und zum Aufstampfen der Ofentheile z. B. der Gestelle verwandt.

Erfordert gleich diese Herstellung der Ofentheile mehr Zeit als eine Mauerung, so gewährt sie doch in vielen Fällen günstige ökonomische Resultate und längere Dauer (Gestelle und Rasten in Eisenhohöfen, Gewölbe von schlesischen Zinkdestillirröfen u. s. w.).

Eisenmäntel.

3) Guss- oder schmiedeeiserne Mäntel, von aussen durch Wasser gekühlt, so dass an den Innenwänden durch Ansetzen der erkalteten Schmelzmaterialien sich der Schmelzraum bildet.

Diese von Aubel [6]) empfohlene Construction ist unter Anderm in dem Bleierzschmelzofen zu Pise [7]) verwirklicht, hat aber ihren Vorläufer in einem amerikanischen Ofen. [8]) Amerikanische Treiböfen [9]) mit gusseisernem Herd, durch Wasser gekühlt; Thomas' Ofen [10]) mit Wasserwänden; Freiberger Rundöfen [11]) und Gröditzer Cupoloöfen [12]) mit Wassercirculation zwischen zwei Mänteln; Kupferschachtöfen mit kupfernen Wänden. [13])

Gewöhnliche Mauersteine.

59. Minder feuerfeste Baumaterialien. Hierher gehören theils natürlich vorkommende Gesteine (Thonschiefer, Grauwacke u. s. w.), theils künstlich hergestellte Bausteine (Back-, Thonschiefer-[14]), Schlackensteine [15]) u. s. w.).

Zweck.

60. Feuerfeste lose Massen zur Bildung des Schmelzherdes oder zur Ueberkleidung der Ofenwände. Bald dürfen sich die in den Oefen zu behandelnden Substanzen mit dem Baumaterial in Berührung befinden, ohne auf dasselbe störend zu influiren (Röstapparate, Eisenhohöfen, Kupferschieferschmelzöfen), bald bedarf es eines

1) B. u. h. Ztg. 1862, S. 116; 1870, S. 61; 1872, S. 175, 311; 1873, S. 19, 370; 1874, S. 38. v. Kerpely's Fortschr. 2, 83. Dingl. 167, 158; 201, 339; 204, 5. 419; 205, 384; 210, 269. Kerl, Thonwaarenindustr., 2. Aufl., S. 522. Wagn. Jahresber. 1877, S. 520. 2) B. u. h. Ztg. 1866, S. 213. Kerl, Thonwaarenindustr., 2. Aufl., S. 524; Thonindustrieztg. 1878, S. 330. Notizbl. d. Ziegl.-Ver. 1878, S 419. 3) Wagn. Jahresber. 8, 377, 13, 255; 14, 434. B. u. h. Ztg. 1860, S. 394; 1868, S. 247. 4) Polyt. Centr. 1870, S. 631. Dingl. 184, 329; 198, 156; 203, 479; 210, 109. B. u. h. Ztg. 1878, S. 52, 196, 208, 328, 367. Kerl, Thonwaarenindustr., 2. Aufl., S. 526. 5) Kerl, Oberharz. Hüttenpr. 1860, S. 272. Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1871, No. 3. 6) Berggeist 1867, No. 58. 7) B. u. h. Ztg. 1869, S. 284. 8) B. u. h. Ztg. 1866, S. 316. 9) B. u. h. Ztg. 1878, S. 14. 10) Mech. Magaz. 90, 120. 11) Freiberg. Jahrb. 1878, S. 77. 12) B. u. h. Ztg. 1878, S. 149. 13) Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878, No. 2. B. u. h. Ztg. 1878, S. 313. 14) Kerl, Oberharzer Hüttenprocesse 1860, S. 270, 276. B. u. h. Ztg. 1861, S. 92. Türrschmiedt's Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1871, No. 3 u. 4. 15) Kerl, Oberharz. Hüttenpr., S. 273. B. u. h. Ztg. 1857 S. 127.

:hutzes desselben gegen deren corrodirende Wirkung, gegen Ansatz-ldung durch Abkühlung u. s. w. und verwendet man in letzterem alle als Ueberzugsmaterial unter Anderm: Ueberzugs-Materialien.

Quarzige Substanzen.

1) Quarz[1]) in Gestalt von Sand (Herde der Kupferflammöfen), n Sandstein (Dillenburger Nickelerzschmelzöfen), von Ganister[2]), nem unter den Kohlen in Sheffield vorkommenden Quarzgestein mit -2 Proc. Thonerde und Eisenoxyd (zum Auskleiden der Bessemer-rnen) u. s. w. Gaize ist eine in den Ardennen unter der Kreide rkommende Gebirgsart mit gegen 80 Proc. Kieselsäure, zu feuer-sten Tiegeln und Steinen besonders in Frankreich benutzt.

Thonhaltige Substanzen.

2) Thon von verschiedenem Grade der Feuerbeständigkeit theils r sich (zu Herden der Bleiflammöfen) oder im Gemenge mit anderen ıbstanzen, als:

a) mit Holzkohlen, Cokes-, Anthracit- oder Graphit-ulver[3]) als Gestübbe, je nach dem grösseren oder geringeren Zu-tz derselben als leichtes, mittleres oder schweres bezeichnet.

Eigenschaften des Gestübbes.

Kohlereiches leichtes Gestübbe widersteht dem Einflusse der Schwefelun-n besser als schweres thonreicheres, dagegen weniger gut der mechanischen Ab-tzung und dem Ausbrennen. Cokes und Anthracit geben ein dauerhafteres aterial als Holzkohlen und können in geringerer Menge vorhanden sein, als ese. Zuweilen setzt man dem Gestübbe, um dasselbe noch dauerhafter zu machen, and, Mergel u. s. w. zu (Kupferschmelzöfen, Spleissöfen, Kupfergaarherd). Die ezeichnung für die Schwere des Gestübbes ist an verschiedenen Orten abweichend. ewöhnlich besteht das mittlere Gestübbe aus gleichen Volumtheilen Kohle und hon (feuerfester, Lehm, Thonschiefermehl); das leichte enthält dann mehr Kohle, s schwere mehr Thon; Freiberger Gestübbe z. B. 1 Vol. Lehm und 1 Vol. Cokes-sch; Oberharzer Bleihütten 1 Thonschiefermehl und 2 Lehm; Kupferschmelzöfen Boston 1 Thon, 1 Anthracit und 1 Quarzsand; Unterharzer Spleissöfen 2 schwe-s Gestübbe und 1 Mergel u. s. w. Graphitfutter hat man mit Vortheil bei ahlpuddelöfen[4]) angewandt. Das Gestübbe, durch Zusammenpochen oder nstiges Mengen der gesiebten Ingredienzien bereitet und in angefeuchtetem Zu-ande des Ballens, ohne Feuchtigkeit zu hinterlassen, verwandt, zeichnet sich vor n übrigen losen Massen als schlechter Wärmeleiter, reducirendes Agens und da-ırch aus, dass sich Ansätze leichter davon wegräumen lassen. Herstellung des Gestübbes.

Magnesiahalt. Substanzen.

b) Mit magnesiahaltigen Gesteinen.

Die Schmöllnitzer Spleissöfen erhalten eine Herdmasse aus 50 Proc. ıarzigem Thonschiefer, 33 Proc. Talkschiefer und 17 Proc. Ziegelmasse; die Spleiss-en für Rohspeise zu Gniletzer Hütte[5]) aus Thonschiefer und Talkschiefer. — anes' rotirender Röstofen enthält ein Futter von feuerfestem Thon und Asbest.

Kalkhaltige Substanzen.

3) Kalkhaltige Substanzen in Gestalt von

a) Mergel zum Ausschlagen der Abtreibeherde.

Die Treibmergel kommen von guter Beschaffenheit (auf 1 Thl. Thon etwa -4 Thle. kohlensaurer Kalk) entweder schon in der Natur vor (Langelsheim bei oslar) oder man muss zu kalkreiche Sorten, welche zu lose Herde geben, mit onigen Mergeln, Thonschiefer u. s. w. versetzen (Tarnowitz 2—2½ Thl. Mergel-lk und ½ Thl. gepochter feuerfester Thon; Lautenthal 12 Vol. Kalkmergel und Vol. Thonmergel; Altenau 24 Vol. Kalkmergel mit 5 Vol. Thonschiefermehl). erde aus zu thonreichen Mergeln reissen leicht. Wo natürliche Mergel fehlen, tzt man sie künstlich zusammen, z. B. aus 1 Vol. Thon und 3—4 Vol. Kalkstein.

1) v. Kerpely's Fortschr. 2, 82; 3, 54; 5, 79. Kerl, Thonwaarenindustrie, 2. Aufl., S. 79. B. u. h. Ztg. 1863, S. 156. Iron 1877, No. 256. Thonindustrie-Zeitung 1878, S. 11. 3) B. u. h. g. 1872, S. 200; 1873, S. 167, 176, 184; 1874, S. 47, 108; 1875, S. 194; 1876, S. 205, 283 (Steine, ssen Thon, innen Graphit u. Thon), 415. Kerl, Thonwaarenindustrie, 2. Aufl., S. 84. Berggeist 1865, No. 44. 5) B. u. h. Ztg. 1867, S. 94.

Die Oberharzer guten Mergel[1]) zerfallen an der Luft in parallelepipedische Stücke, haben muschligen Bruch, fühlen sich geschmeidig an, kleben schwach an der Zunge und bestehen aus etwa 21.8 Kieselsäure, 6.1 Thonerde, 4.5 Eisenoxyd, 66.0 kohlensaurem Kalk und 1.6 kohlensaurer Magnesia. Herdmasse in Freiberg: 20 Karren à 125 kg frischer und 6 Karren à 125 kg alter Mergel nebst 12.5 kg Thon.

Statt des Mergels wurde früher ausgelaugter Seifensiederäscher, am besten von der Zusammensetzung 66—70 Proc. kohlensaurer und Aetzkalk, 17—21 Proc. Kieselsäure, 10—11 Proc. Thonerde und 2—4 Proc. Eisenoxyd angewandt, welcher aber wegen ungleichmässigerer Zusammensetzung und minderer Dichtigkeit zu grösseren Silber- und Bleiverlusten beim Abtreiben führt, als Mergel.

b) Knochenmehl (Beinasche), zum Abtreiben und Feinbrennen von Silber auf englischen Hütten statt Mergels und Aeschers.

c) Gyps ist zum Auskleiden von aus Eisenplatten gebildeten Oefen angewandt worden.[2])

Eisenoxyd.

4) Eisenoxyd. Dasselbe dient u. A. zum Auskleiden der Puddelofenherde und der Bessemerbirnen, erhöht durch theilweise Reduction das Eisenausbringen und trägt zur Entfernung von Schwefel und Phosphor bei.

Holz.

5) Holz. Von Siemens[3]) ist empfohlen, rotirende und Reductionsöfen mit Holzblöcken auszufüttern, welche durch Metallsalze unverbrennlich gemacht und in feuerfesten Mörtel gestellt sind.

Beschaffenheit der Mörtel.

61. Feuerfeste Bindemittel (Mörtel). Man bedient sich dazu am besten einer dem Ofenbaumaterial gleich oder ähnlich zusammengesetzten Masse (z. B. das Mehl vom Behauen und Schleifen der Steine, mit Thonwasser zu dünnem Brei angemacht), häufig feuerfester Thon, mit oder ohne Zusatz von Sand, Chamotte, Graphit. Gewöhnlicher Kalkmörtel wird in der Hitze nicht hart und Gyps schmilzt.

Lage der Gebäulichkeiten.

62. Hüttenanlagen. Bei Anlage der Metallhütten ist besonders zu berücksichtigen, dass zur Verringerung der Förderkosten die Betriebsgebäude und Magazine in der durch den Process gegebenen Reihenfolge möglichst neben und unter einander liegen und solche Gebäulichkeiten, aus denen schädliche Gase entweichen, mit Rücksicht auf die herrschende Windrichtung so placirt werden, dass die Dämpfe von der Hütte wegziehen. Erzmagazin und Beschickungsplätze befinden sich zweckmässig in einer Ebene, da die Erze nur einmal gefördert zu werden brauchen, Magazine für Materialien möglichst nahe ihren Hauptverwendungspunkten, also für Cokes und Kohlen in der Nähe der Beschickungsplätze, für Wasen und Baumaterialien im Niveau der Hüttensohle, Röstholz in der Nähe der Rösthäuser. Bei Röststätten für Leche ist es, da die Steine zweimal gefördert werden müssen, einerlei, ob sie im Niveau der Beschickungsplätze oder der Hüttensohle placirt werden; zur bessern Ableitung der Dämpfe empfiehlt es sich aber, dieselben höher, ins Niveau der Beschickungsplätze neben das Erzrösthaus nahe über oder unter der Hütte zu erbauen.

---

1) B. u. h. Ztg. 1858, No. 15. Kerl, Oberharzer Hüttenprocesse 1860, S. 280. 2) B. u. h. Ztg. 1869, S. 284. 3) Engin. and Min. Journ. 1875, Vol. 20, No. 8.

Für gut eingerichtete Metallhütten [1]) liegen weniger Muster vor, als für Eisenhütten. [2])

63. Ofenarten. Die Haupteigenthümlichkeiten der Oefen [3]), der Apparate zur Darstellung der Metalle u. s. w. auf trocknem Wege, liegen darin, dass die in denselben zu behandelnden Substanzen entweder, was die beste Brennmaterialausnutzung gestattet, mit dem Brennmaterial in unmittelbarer Berührung, also ohne einen besonderen Feuerungsraum sind (Herd- und Schachtöfen mit senkrechter Hauptaxe, nur durch ihre Höhendimensionen unterschieden) oder nicht. In letzterem Falle werden die Substanzen entweder von der Flamme des Brennstoffs berührt (Flammöfen, mit horizontaler oder geneigter Hauptaxe) oder sie befinden sich in Gefässen (Tiegeln, Röhren, Retorten, Muffeln u. s. w.) eingeschlossen, welche durch Glühe- oder Flammenfeuer erhitzt werden (Gefässöfen) und unter sonst gleichen Umständen den meisten Brennstoff erfordern. Die Auswahl der einen oder andern Ofenconstruction, in denen die Brennstoffe nicht gleich vortheilhaft ausgenutzt werden, hängt ab: von den Eigenschaften der Schmelzmaterialien und Schmelzproducte (welche z. B. schädliche Bestandtheile aus dem Brennmaterial aufnehmen können, z. B. Eisen Schwefel und Phosphor), von dem Zweck des auszuführenden Processes (Oxydation, Reduction, blosse Schmelzung), von lokalen Bedingungen (Arbeitslöhnen, Brennmaterialpreisen u. s. w.) u. A. Classification.

Ledebur theilt die Oefen, je nachdem darin die Substanzen mit dem Brennmaterial oder dessen Flamme in Berührung kommen oder nicht, in direct wirkende (Herd-, Schacht- und Flammöfen) und in indirect wirkende (Gefässöfen); nach der Beschaffenheit des zur Verwendung kommenden Brennmateriales in Oefen für nicht flammendes (verkohltes) und flammendes Brennmaterial, letztere wieder in Oefen mit directer und mit Gasfeuerung; der Form nach in Herde oder Feuer (senkrechte Hauptaxe, Verticalprojection des Innern kleiner an Flächeninhalt, als die Horizontalprojection, meist mit nicht flammendem Brennmaterial gespeist); Schachtöfen (senkrechte Hauptaxe und Bewegungsrichtung der Verbrennungsproducte, Verticalprojection des Ofen immer mindestens von gleichem Flächeninhalt, als die grösste Horizontalprojection, mit flammendem oder nicht flammendem Brennmaterial gespeist, und in Gefässofen und in direct wirkende Schachtöfen zerfallend.

Je nachdem die Verbrennung des Brennstoffes unter Anwendung gewöhnlichen, sowie zur Erzeugung höherer Temperaturen durch Essen verstärkten Luftzuges oder durch Gebläseluft stattfindet, unterscheidet man Zug- und Gebläseöfen [4]); in Herd- und Flammöfen kann aber die Zug- und Gebläseluft eine gleichzeitig oxydirende Einwirkung auf das Schmelzmaterial oder das Product ausüben.

Durch Zug- und Gebläseluft lässt sich dieselbe hohe Temperatur erzielen; die Anwendung der letzteren ist aber geboten, wenn die Gase einen grossen Widerstand zu überwinden haben, z. B. bei Schachtöfen von einer gewissen Höhe oder bei erforderlicher kräftiger Oxydation des Productes in einem kleinen Raume (Frischfeuer, amerikanischer Bleiherd). Je höher der Ofen, je kleiner und zer-

1) Okerhütte in Kerl's Unterharzer Hüttenprocessen. 1861. Taf. 4. Pribramer Hütte in Rittinger's Erfahrungen 1863, S. 37. Mansfelder Hütten in Preuss. Ztschr. 17, Taf. 13 u. 15.
2) v. Kerpely, Anlage und Einrichtung der Eisenhütten. Leipzig, 1. Lief. 1873, 2. Lief. 1876.
3) Schinz, Nutzeffect und Construction der Oefen, Leitungsfähigkeit des Ofenbaumaterials u. s. w. in Dingl. 159, 200, 282. Havrez, fours et fourneaux comparés au point de vue de l'économie de combustible, de la main d'oeuvre, des frais d'installation et d'entretien in Revue univers. 1862, 3. livr., p. 383. Hartmann's allgem. berg. u. hüttenm. Ztg. 1863, S. 41. Ledebur, die Oefen für metallurg. Processe 1878, S. 53.
4) B. u. h. Ztg. 1866, S. 126.

reiblicher Brennmaterial oder Erz, um so geringer ist die Temperatur, wenn man nicht gepresste Luft anwendet. Zuweilen erzeugt man den Zug durch einen Dampfstrahl[1]) (z. B. bei Zugcupoloöfen). Neuerdings hat Bessemer für Eisen- und Stahlschmelzungen Hochdrucköfen[2]) construirt, in welchen hochgepresste, im Ofenraume ihre Spannung beibehaltende Gebläseluft zu einer sehr energischen Verbrennung beiträgt.

Statik der Ofen-klassen.

Während man früher in Betreff der oft bedeutenden Differenzen in den Eigenthümlichkeiten der Ofenconstruction und des Betriebes, sowie in den technischen Resultaten nur Vermuthungen aussprechen konnte, so ist man in neuerer Zeit auf Grund theoretischer und praktischer Ermittelungen zu einer die Wirkung der Apparate möglichst klar legenden Lehre, der Statik verschiedener Ofenklassen gelangt. Man ist dabei meist von den Eisenhohöfen ausgegangen und sind in dieser Beziehung die Arbeiten von Playfair und Bunsen[3]), Scheerer[4]), v. Tunner und Richter[5]), Rinmann und Fernqvist[6]), namentlich aber von Schinz[7]), Gruner[8]), Lowthian Bell[9]) und Åkermann[10]) zu erwähnen. Neuerdings ist die Statik der Gasflammöfen und Regenerativsysteme mehrfach bearbeitet, z. B. von Krans[11]) und Kosmann[12]) und es sind die Schinz-schen Lehren von Dürre[13]) auf die Apparate zum Umschmelzen des Roheisens u. a. übertragen worden.

Ledebur[14]) unterscheidet und berechnet den absoluten und relativen Wirkungsgrad der Oefen für neutrale Erhitzung (Metallschmelz-, Glüh-, manche Röstöfen), für oxydirende Erhitzung (die meisten Röstöfen, Frischöfen, Kupferraffiniröfen, Oefen zum Abtreiben und Silberraffiniren) und für reducirende Erhitzung (Eisenhohöfen, Oefen für directe Eisendarstellung, Zinkdestilliröfen u. s. w.). Der absolute Wirkungsgrad wird ausgedrückt durch den Quotienten aus der nutzbar gemachten Wärmemenge durch die aus dem verbrauchten Brennstoff entwickelbare Wärmemenge und der relative durch den Quotienten aus der nutzbar gemachten Wärmemenge durch die wirklich entwickelte Wärme. Der absolute Wirkungsgrad beträgt beispielsweise bei Kesseln 0.165, bei Tiegelschachtöfen mit Cokesfeuerung 0.036, bei Tiegelherdöfen mit directer Feuerung 0.020, bei solchen mit Regenerativfeuerung 0.032, bei Herdflammöfen mit directer und Regenerativfeuerung resp. 0.104 und 0.170, bei Cupoloöfen 0.294.

A. Herde (Feuer).

Einrichtung.

64. Allgemeines. Herde sind offene oder von niedrigen Wänden aus Mauerwerk, Eisenplatten, Gestübbe u. s. w. ringsum oder nur an einigen Seiten umgebene kasten- oder kesselförmige Feuerstätten, in denen das durch Zug- oder Gebläseluft gespeiste Brennmaterial (meist verkohltes) sich in unmittelbarer Berührung mit der zu behandelnden Substanz befindet. Der Unterschied zwischen Herden und Schachtöfen (beide mit senkrechter Hauptaxe) liegt in Höhenverhältnissen

1) Dampfstrahlgebläse, Citate, S. 174. 2) Dingl. 193, 376; 195, 331; 196, 220. Dürre's Eisengiessereibetrieb 2, 310. 3) Pogg. Ann. 46, 193. Brit. Assoc. Rep. 1845, p. 143; 1846, p. 170. 4) Ann. d. Phys. u. Pharm. 60, 499. 5) v. Tunner's Jahrb. 9, 281. 6) B. u. h. Ztg. 1865, No. 35. 7) Schinz, Wärmemesskunst; Des. Pyrotechnische Rundschau in Dingl. J.; Des. Documente, betreffend den Hohofen zur Darstellung von Roheisen 1868; Dessen Studien über den Hohofen zur Roheisen-Darstellung in Dingl. 201, 214 u. s. w. 8) Gruner-Kupelwieser, Abhandl. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 447. 9) L. Bell, über die Entwicklung und Verwendung der Wärme in Eisenhohöfen von verschiedenen Dimensionen, deutsch von v. Tunner 1870. 10) Jern-Contorets Annaler 1871. Heft 1 u. 2. 11) Krans, étude sur le four-à-gaz 1869. B. u. h. Ztg. 1869, S. 339, 405. 12) B. u. h. Ztg. 1871, S. 32. 13) Dürre, Handb. des Eisengiessereibetriebes 2, 278 (1870). 14) Ledebur, die Oefen für metallurg. Processe 1878, S. 44; dess. Verarbeitung der Metalle auf mechan. Wege, Braunschweig 1877.

(S. 207). Dieselben sind bald mit Gebläsen in Verbindung, bald durch Zugluft gespeist. Ersteren Falls tritt die Gebläseluft entweder von unten oder seitlich zu und der zu verarbeitende Körper schmilzt von oben nieder (Frisch- und Rennfeuer, kleiner Gaarherd, amerikanischer Bleiherd) oder der feste Körper wird nur ins Glühen versetzt (Schweissfeuer).

Anwendbarkeit. Die Herde gestatten den Vortheil einer leichten und wohlfeilen Herstellung, sowie, was bei kleinen Productionen wichtig, eine jederzeitige Unterbrechung des Betriebes, lassen aber nur eine höchst unvollständige Ausnutzung des meist verkohlten Brennmaterials zu (absoluter Wirkungsgrad für gewöhnliche Schmiedefeuer nach Ledebur 0.03, für Lancashirefeuer 0.031, für Schweissfeuer 0.07) und werden deshalb in neuerer Zeit immer mehr durch vollkommenere Apparate ersetzt (Rösthaufen und Stadeln durch Schacht- und Flammöfen, Eisenfrischherde durch Puddelöfen, Kupfergaarherde durch Kupferraffiniröfen u. s. w.). Sowohl bei Reductions- als Oxydationsprocessen angewandt, tritt in letzterem Falle bei der Berührung der Substanz mit dem Brennmaterial ein steter Kampf zwischen Oxydation und Reduction ein, was den Process sehr erschweren kann (Kupfergaarmachen, Eisenfrischen u. s. w.).

I. Herde ohne Gebläse.

Zweck. **65. Allgemeines.** Dieselben dienen seltener zu Schmelzungen, wobei weder eine oxydirende noch reducirende Wirkung ausgeübt werden soll (Saigerprocesse), als bei Calcinations- und Röstprocessen (S. 26). Es reicht dabei gewöhnlicher Luftzug ohne Essen aus.

Anwendbarkeit. **66. Röstvorrichtungen.** [1]) Dieselben (freie Haufen, Stadeln, Gruben) haben im Vergleich zu anderen Röstapparaten die S. 29 angegebenen Vor- und Nachtheile, welche letztere (grösserer Aufwand an Brennmaterial wegen der bedeutenden Wärmeverluste, Verlorengehen der Röstgase, längere Dauer und Beeinflussung des Processes durch Witterungsverhältnisse, Temperatur, Windrichtung und Niederschläge, grössere Metallverluste beim Rösten und den darauf folgenden unvollkommenen Schmelzprocessen, intermittirender Betrieb) gegen erstere (minder kostspieliger Apparat, wohlfeilere Arbeit) so vorwiegen, dass man an vielen Orten die Haufen- und Stadelröstung vortheilhaft durch solche in Schachtöfen (Kilns am Unterharz [2]) oder Flammöfen (für Bleierze im Siegenschen [3]) ersetzt hat. Lokale Verhältnisse können indes zuweilen die Röstung in Herden in ökonomischer Beziehung vortheilhaft erscheinen lassen (z. B. wegen geringerer Transportkosten beim Rösten von Kohleneisensteinen neben der Grube, wo billiges Brennmaterial zu Gebote steht und Oefen kostspielig zu bauen und zu unterhalten sind).

Einrichtung. 1) Herde mit wandelbarer Hülle. Es gehören hierher die Rösthaufen (auch Apparate zur Holzverkohlung, zum Ziegelbrennen u. s. w.). Dieselben kommen in Gestalt von abgestumpften Pyramiden mit quadratischer oder oblonger Grundfläche oder in abgerundeten Kegeln für minder werthvolle Erze in gröberen Bruchstücken, seltener für eingebundene Schliege zur Anwendung und unterscheiden sich

---

1) Kerl, Grundr. d. Metallhüttenkde., S. 58, 113, 334. 2) Kerl, Rammelsberger Hüttenprocesse, S. 71. 3) B. u. h. Ztg. 1863, S. 92.

hinsichtlich ihrer Herstellung hauptsächlich in der Anordnung des Brennmaterials und Erzes. Ersteres hat meist nur den Zweck, die zur Einleitung der Röstung erforderliche Hitze hervorzubringen, soll aber zuweilen auch als Reductionsmittel für beim Rösten gebildete, sonst schwer zersetzbare Salze (schwefelsaures Zinkoxyd, antimon- und arsensaure Salze bei Fahlerzen u. s. w.) dienen.

Befeuerungsmethode.

Anwendbarkeit.

a) Freie Haufen ohne Brennmaterial.[1]) Kohleneisensteine brennen häufig ganz von selbst fort; manche Sorten erfordern jedoch eine geringe Beimengung von Brennstoff, sowie auch der Bitumengehalt der Kupferschiefer zu ihrem Brennen nicht vollständig genügt (Fig. 123).

Anwendbarkeit.

b) Freie Haufen mit eingeschichtetem Brennstoff. Letzterer soll seltener als Reductionsmittel (S. 28) (z. B. bei antimon-, arsen-, schwefelsauren Salzen) als zur gleichmässigen Erhitzung solcher Erze (Eisenerze, Zinnstein) dienen, welche beim Rösten nicht von selbst fortbrennen.

Anwendbarkeit.

c) Freie Haufen mit einer Brennmaterialunterlage. Durch Anzündung derselben sollen schwefelhaltige Erze ins Glühen gebracht werden, wo dann der verbrennende Schwefel die Rösttemperatur unterhält. Bei sehr schwefelreichen Erzen können die Haufen ganz im Freien stehen (Fig. 121) und eine Schwefelgewinnung zulassen (S. 29); schwefelärmere erfordern dagegen zum Schutz gegen die abkühlenden Atmosphärilien eine Bedachung (Rösthäuser, Röstschuppen für Oberharzer Kupferkiese und Leche).

Manipulationen.

Die beim Haufenrösten vorkommenden Arbeiten können folgende sein: Herstellung einer mit Zügen versehenen Brennmaterialunterlage aus Holzklüften, Wellholz u. s. w. auf einem erhabenen trocken gelegten Platze (Röstesohle); Aufstürzen von Erz, so dass die dicksten Stücke zu unterst, immer kleiner werdende nach oben und an die Seiten kommen; Bedecken des Haufens mit Erzklein, Schlieg u. s. w. zur Regulirung des Luftzuges; Anzünden des Holzes an der dem Winde entgegengesetzten Seite oder bei Windstille in der Mitte in einem zu diesem Zwecke beim Aufstürzen des Haufens aus Holzscheiten oder aus durchbrochenem Mauerwerk[2]) gebildeten Schachte; Leitung des Feuers im angezündeten Haufen durch Abräumen oder Dickermachen der Decke an den betreffenden Stellen, Wegräumen des Haufens nach beendigter Röstung, wenn keine Dämpfe oder riechende Gase mehr entweichen, mittelst Spitzhammers; Zerschlagen dickerer oder gefritteter Stücke, Aushalten des Gutgerösteten (mürbes, erdiges Ansehen) und abermaliges oder noch mehrmaliges Aufbringen der nicht vollkommen gerösteten Stücke auf eine neue Unterlage von Holz unter einer Bedachung (Wenden des Rostes ins erste, zweite u. s. w. Feuer).

Einfluss des Schwefelgehaltes.

Der Schwefelgehalt des Erzes hat Einfluss auf die Menge des anzuwendenden Brennmaterials, den Grad und die Zeitdauer der Röstung (einige Tage bis zu 30 Wochen) und die Anzahl der Röstungen

1) Kerl, Grundr. d. Eisenhüttenkde., S. 66. Plattner-Richter's Hüttenkunde 1, 161.
2) Plattner's Röstprocesse, S. 45, 339.

(bei Unterharzer Kupfererzen 3, bei Oberharzer nur 1 Röstung). Hierauf influiren auch mehr oder weniger noch die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Erzes, ob dasselbe dicht oder porös, arm oder reich u. s. w.

Dimensionen der Haufen.

Der Gehalt der Haufen kann 5000—50000 kg und mehr betragen; mit der Höhe geht man des unbequemen Transportes wegen meist nicht über 2.5 m. Grössere Haufen erfordern verhältnissmässig weniger Brennstoff, als kleinere; man stellt in ihnen zur Herbeiführung eines gleichmässigeren Zuges wohl in gewissen Entfernungen Holzscheite vertical auf. Das **Brennmaterial** muss meist aus guten **Holzscheiten** bestehen, weil mindere Brennstoffe das Erz nicht so gleichmässig zum Glühen bringen. Zur Abführung der **Röstgase** hat man in **Freiberg** [1]) einen durchbrochenen Schacht in der Mitte des Haufens mit einem zur Esse führenden unterirdischen Canal verbunden (Fig. 130).

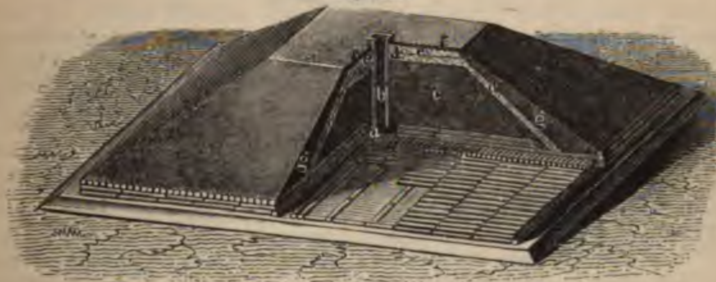
Brennmaterial.

Röstgase.

Beispiele.

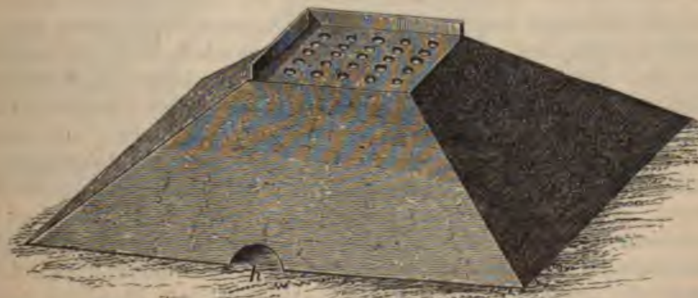
Beispiele: Rösthaufen für Rammelsberger Kupfer- und Bleierze [2]) (Fig. 121 und 122). *a* Scheitholzlagen auf dem etwas erhaben gelegenen

Fig. 121.



Röstplatze, in der Mitte 40—48 cm, am Rande 31 cm dick. *b* Zugschacht, aus 4 durch Spreitzen (Ohren) auseinander gehaltenen Holzscheiten gebildet, 20.5—27.4 qcm

Fig. 122.



weit. Der Schacht kann auch wegbleiben. *c* Stufferze (über Gänseeigrösse), 1.41 m hoch, am Rande das Holz 63—78 cm unbedeckt lassend. *d* Bergkern

1) Plattner's Röstprocesse, S. 334. Plattner's Röstprocesse, S. 44, 369.

2) Kerl, Rammelsberger Hüttenprocesse, S. 20.

(Hühnereigrösse), mitten 10—21, am Rande 10—16 cm hoch. *e* Waschkern (bis Taubeneigrösse), 10—21 cm dick. *f* Gräupel (Bohnengrösse), 8 cm hoch. *g* geröstetes Erzklein, an den Seiten unten 52—63 cm, oben 10—13 cm dick. In die obenauf gebrachte Decke von Schlieg oder Vitriolklein werden dann die 25 Schwefellöcher eingestampft, sobald sich oberflächlich geschmolzener Schwefel zeigt (die Röste fett wird). *h* Zündcanal. Dimensionen eines fertigen Haufens: 2.31 m Höhe, 9.73 m Seite unten, 3.24 m Seite oben. Röstdauer 18—24 Wochen und mehr; Brennstoffverbrauch 22—25 cbm Holz. Neuerdings ist das Haufenrösten für Kupfererze fast ganz durch die Röstung in Kilns ersetzt bei vermindertem Brennstoffaufwand und Benutzung der Röstgase zur Schwefelsäurebereitung.

Mansfeld'sche Kupferschieferrösthaufen. Aufstampfen der Röstesohle aus Thon; Auflaufen von Schiefern karrenweise neben einander (Fig. 123); Ebnen

Fig. 123.



derselben; Herstellung eines Kranzes von Wellholz, gegen welchen rechtwinklig nach der Mitte zu noch Wellen gelegt werden; wiederholtes Auffahren von Schiefern und Ebnen derselben; Anzünden mittelst einer in Schlacke getauchten Fackel an den Seiten und Ecken. Dimensionen der Haufen: Länge 15.7—31.4 m und mehr, Höhe 1.57—2.2 m, Breite 6.28—9.51 m, bei 80 bis mehreren Hundert Fudern à 60 Ctr. (3000 kg) Inhalt. 100 Fuder erfordern 18.8 m Länge, 9.51 m Breite und 1.88 m Höhe; Zeitdauer 8—24 Wochen bei 60—250 Fuder Inhalt; 1 Fuder erfordert etwa 22—25 kg Wellholz. Neuere Verbesserungen [1]): Auftragen der Schiefer durch Arbeiter statt Aufkarrens, bei welchem letzteren die Masse stellenweise zu dicht wurde; Ersetzung der grossen circa 6 Mon. brennenden Haufen von 400—500 Fuder Inhalt durch schmale bei vierwöchentlicher Röstdauer, wobei sich das Betriebscapital verringert und nicht so hohe Schieferbestände zu halten sind; Brennen der Kläre in Schachtöfen.

Construction.

2) Herde mit unveränderlichen Umfassungsmauern und wandelbarer Decke (Stadeln). [2]) An allen oder mehreren Seiten von niedrigen Mauern umgebene rectangulaire, ovale oder anders gestaltete Röststätten, gewöhnlich mehrere an einer gemeinschaftlichen Hinterwand behuf des bequemeren und billigeren Transportes des Röstgutes neben einander oder auch gegen einander über. Die Stadeln gestatten bei besserer Ausnutzung und gleichmässigerer Vertheilung der Wärme — beim Abkühlen der Stadeln geht aber auch viel Wärme verloren — theilweise Auffangung flüchtiger Producte, ein besseres Zusammenhalten der Erze, also weniger mechanische Verluste, und eine vollständigere Röstung, als die freien Haufen, weil man durch Oeffnungen in den Umfassungswänden oder unter der Sohle den Luftzutritt besser reguliren kann. Dagegen ist das Ein- und Ausladen des Materials im Allgemeinen mühsamer und kostspieliger, sie kühlen langsamer ab, erfordern mehr Reparaturkosten, als Haufen, und gestatten, neben den sonstigen Uebelständen der letzteren, im Vergleich zu Schachtöfen keinen continuirlichen Betrieb, weshalb sie durch

1) B. u. h. Ztg. 1869, S. 432. 2) Stadel von „kleiner abgegrenzter Stätte, Stättel".

letztere vielfach ersetzt werden, wenn die Beschaffenheit des darin zu verarbeitenden Materials Solches zulässt. Meist stehen die Stadeln unter einer Bedachung zur Abhaltung schädlicher atmosphärischer Einflüsse; zuweilen sind sie behuf Auffangung und Ableitung von Dämpfen (Schwefel, Quecksilber) oder Gasen (schweflige Säure) überwölbt und können dann je nach ihren Dimensionen in Zugschachtöfen übergehen.

Je nach der Beheizung unterscheidet man: Befeuerungsmethoden.

a) Stadeln mit Brennmaterialunterlage. Dieselben kommen für geschwefelte Erze und Producte (Leche), sowie für Speisen in Anwendung, erfordern gutes Scheitholz und erhalten um so kleinere Dimensionen, je leichtschmelziger die Substanzen. Anwendbarkeit.

Während man z. B. von den leichtflüssigeren Blei- und Kupfersteinen nicht viel über 5000 kg in Stadelfeldern von 2.5 m Länge, 1.26 m Breite und 0.94 m Höhe abröstet, so kann man von dem strengflüssigeren Rohstein 50000 kg und mehr anwenden. Für Massen von 2500—50000 kg haben die Stadeln gewöhnlich 0.94—2.5 m Breite, 0.94—1.88 m Höhe und 2.5—6.27 m Länge.

Die Operationen bei Anfüllung und Entleerung der Stadeln sind denen bei freien Haufen ähnlich. Die Stadel bleibt nach dem Füllen entweder an der Vorderseite offen oder wird durch Steine, Eisensauen, Kalkstücke u. s. w. lose geschlossen, so dass Luft durchziehen kann. Beim Wegräumen der fertigen Röste wirft man die ausgehaltenen schlecht gerösteten Stücke gleich auf das Holz eines benachbarten Feldes.

α) Stadeln ohne Condensationsvorrichtung. Dieselben entlassen Gase und Dämpfe unmittelbar in die Luft, was für die Nachbarschaft sehr störend sein kann und oft zur Leistung bedeutender Entschädigungen führt. Schattenseiten.

Fig. 124.



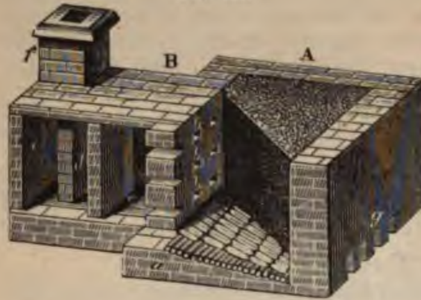
(Fig. 124.) *a* Rösteholzlage ohne das Deckholz in *c*. *b* vorn offenes Feld. *e* geschlossenes Feld. *d* und *f* leere Felder. Beispiel.

β) Stadeln mit Condensationsvorrichtung. Dieselben dienen zur mehr oder weniger vollständigen Condensation dampfförmiger Körper (Schwefel, Quecksilber), während die Gase entweder unmittelbar in die Luft entweichen oder zuvor in einen Schornstein geführt werden. Letzteren Falles sind die Stadeln meist überwölbt. Anwendbarkeit.

Beispiele.

Böhmische Stadel (Fig. 125). *A* Stadel, rings mit Mauern umgeben, von denen eine eine verloren zugemauerte Arbeitsöffnung hat, 7.54 m lang und 5.65 m breit. *a* schräg ansteigende Sohle, mit Scheitholz bedeckt. *g* Luftzüge. *b* Züge, zur Schwefelkammer *B* führend. *c*, *d*, *e* Condensationsräume. *f* niedriger Schornstein.

Fig. 125.



Steyersche Stadel[1] (Fig. 126. 127) *A* Stadel, 17 m lang, 4.2 m breit und 2.5 m hoch, ringsum von 1.57 m dicken Mauern *m* umgeben, in welchen sich an jeder langen Seite 8, an jeder kurzen 2 Schwefelcondensationskammern *e* von 78 cm Länge, 78 cm Breite vorn und 1 m Breite hinten befinden. *d* mit je einer Kammer in Verbindung stehende Abzugscanäle. *f* Canäle zum Abfluss auf der Sohle condensirten Schwefels in die Sümpfe *g*. Die Sohle besteht aus lauter kleinen Pyramiden *a*, von deren Flächen der verdichtete flüssige Schwefel in Rinnen *b* und aus diesen in die Canäle *f* gelangt. Ueber letzteren befinden sich Löcher zum Luftzutritt.

Fig. 126.



In Ungarischen Stadeln[2]) condensirt sich beim Rösten quecksilberhaltiger Fahlerze Quecksilberdampf in der Decke aus Erzklein und wird daraus durch Verwaschen derselben gewonnen.

Fig. 127.



Hierher gehören auch die Stadeln von **Fahlun**[3]), **Wicklow**[4]), **Agordo**[5]), **Huelva** in Spanien[6]) und von **Boston**[7]), welche, wenn sie mit einem Gewölbe geschlossen sind, schon in Röstschachtöfen übergehen.

Fig. 128. **Stadel zu Huelva.** *A* überwölbte Doppelstadeln mit Eintrageöffnungen *B* und Erzfüllung *C* auf einer Reisigunterlage *D*. *E* Decke aus Grubenklein. *a* und *b* communicirende Condensationscanäle für Schwefeldämpfe, durch die Züge *d* mit den Stadeln in Verbindung.

---

1) Kerl, Met. 1, 389. Rittinger's Erfahr. 1853. 2) Kerl, Met. 2, 794. B. u. h. Ztg. 1865, S. 369. 3) Kerl, Met. 2, 428. B. u. h. Ztg. 1867, S. 399. 4) B. u. h. Ztg. 1858, S. 25. 5) Kerl, Met. 2, 436. B. u. h. Ztg. 1864, S. 104; 1877, S. 363. Berggeist 1869, No, 55. 6) B. u. h. Ztg. 1865, S. 202. 7) Kerl, Met. 1, 387.

b) Stadeln mit eingeschichtetem Brennstoff. Dieselben werden hauptsächlich für Eisenerze angewandt und sind im Grundriss Anwendbarkeit.

Fig. 128.



der Eisenhüttenkunde näher beschrieben; auch wohl für arsen-, antimon- und zinkhaltige Erze gebräuchlich.

c) Stadeln mit seitlicher Flammenfeuerung. Dieselben bezwecken die Nutzbarmachung von minderem Brennmaterial (Steinkohlen-, Braunkohlen-, Torfklein, Holzspäne u. s. w.) statt des theuern Röstescheitholzes. Anwendbarkeit.

Freiberger oder Wellnersche Röststadel (Fig. 129). *c* Umfassungsmauern aus Schlackenziegeln, einen 10 m langen, 5 m breiten und 1.9—2.2 m Beispiel.

Fig. 129.



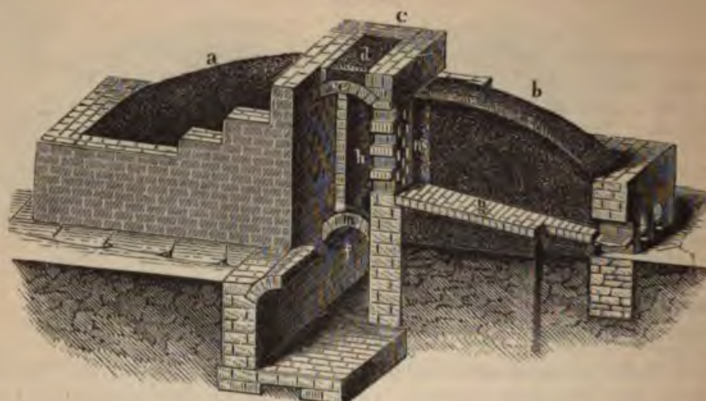
hohen Raum mit den Arbeitsöffnungen *b* umschliessend. *e* Schlackenlage mit den obenauf liegenden Schlackenziegelsohlen *d* mit 0.94 m Ansteigen und der horizontalen Fläche *a* zwischen beiden. Beim Besetzen der Stadel führt man von den vier Schüröffnungen in der einen kurzen Wand ab Canäle aus groben Bruchstücken der zu röstenden Masse bis zum höchsten Punkte auf, füllt dieselben mit leicht entzündlichem Brennmaterial, bedeckt die ganze Fläche mit Spänen, füllt den ganzen Stadelraum über den Canälen mit gröberen Stücken und giebt eine Decke von kleineren Stücken, welche über die Seitenmauern hervorragt. Man feuert dann in den Schüröffnungen so lange, bis der Haufen in Gluth gekommen ist. Nach beendigter Röstung werden beim Wenden der Röste unter Aushalten des Gutgerösteten die noch rohen Stücke in vorhinniger Weise auf der andern geneigten Fläche aufgehäuft. Die Röstgase entweichen entweder durch die Decke oder man führt dieselben durch einen in der Mitte der Stadel befindlichen durchbrochenen Schacht c (Fig. 130) nach unten in einen Canal *f* ab, welcher mit einer Esse in Verbindung steht.[1]) *a* und *b* mit Röstkläre dicht bedecktes Haufwerk. *c* gemeinschaftlicher Schacht zwischen zwei Stadeln mit Zunge *h*, oben durch ein mit Schutt *d* bedecktes Gewölbe *e* geschlossen. *m* Gewölbe, als Stützpunkt für die Zunge. *n* Quarzschicht,

---

stproc., S. 52, 336.

welche als Contactsubstanz eine thunlichste Umwandlung der schwefligen Säure in Schwefelsäure bewirken soll.

Fig. 130.



Anwendbarkeit.

d) Stadeln, in denen der Schwefel als Heizmaterial wirkt. Dieselben (sogenannte Kiesbrenner)[1]) kommen in Anwendung, wenn die schweflige Säure zur Schwefelsäurebereitung benutzt werden soll, sind überwölbt (*B* in Fig. 160 ohne *D* und *F*) und haben eine aus Roststäben gebildete Sohle, auf welcher das Röstgut, meist Schwefelkies, je nach seinem Schwefelgehalt in 40—60 cm hohen Lagen ausgebreitet wird. Durch Bewegen der Roststäbe einzeln oder sämmtlich zu gleicher Zeit (Walter's Röstherd) mittelst eines Schlüssels lassen sich die Abbrände aus dem Herd entfernen, während die schweflige Säure durch einen Canal im Gewölbe abgeleitet wird. Nachdem die Herdmauern durch Feuerung ins Glühen versetzt sind, brennen die Kiese von selbst fort. Diese Apparate empfehlen sich besonders für schwefelreiche Erze von geringerer Korngrösse (Haselnuss- bis Wallnussgrösse), welche sich wegen letzterer in den später zu erwähnenden Kilns nicht wohl abrösten lassen, bei leichterer Arbeitsmanipulation und gleichmässigerer Abröstung.

Beispiel.

Okerhütte. Ein zu einem Schwefelsäure-Kammersystem gehöriger Doppelofen besteht aus 8, zu je 4 neben einander liegenden Abtheilungen von 1.75 m Breite, 1.46 m Länge und 1 m Höhe in der Mitte. Je 2 gegenüberliegende Abtheilungen communiciren unterhalb des Gewölbes. Die Röstgase entweichen durch Oeffnungen im Deckengewölbe in einen gemeinschaftlichen Canal aus feuerfesten Steinen. Zwischen zwei Abtheilungen in der Mauer befindet sich der Salpeterkasten und die salpetersauren Dämpfe gelangen durch eine Oeffnung im Salpetercanal in den Hauptcanal.

Einrichtung.

3) Gruben. In die Erde, meist an Gebirgsabhängen eingegrabene Räume mit oder ohne Auskleidung mittelst Mauerwerks und wie Stadeln zu besetzen; nur selten in Anwendung wegen schwieriger Luftzuführung und sehr langsamen Abkühlens (Eisensteinröstung in Schweden und Norwegen).

---

1) Muspratt's Chem., 3. Aufl.. 6, 198. B. u. h. Ztg. 1871, S. 182; 1874, S. 423; 1877, S. 308. Preuss. Ztschr. Bd. 25, Taf. 2, Fig. 5—7 (Oker). Dingl. 227, 67 (Roststabform).

67. Schmelz- oder Saigervorrichtungen. Dieselben bezwecken die Ausschmelzung leichtflüssigerer Stoffe aus strengflüssigeren (Wismuth aus Nickel- und Kobalterzen, silberhaltiges Blei von Kupfer, Zinn aus eisenhaltigem Zinn u. s. w.) in einer Hülle von Brennmaterial zur möglichsten Vermeidung einer Oxydation, welche aber nicht ganz ausgeschlossen ist (Krätzenbildung). Zweck.

Saigerherd (Fig. 131). *a* gemauerte Saigerbänke mit der geneigten Saigergasse zwischen einander und mit eisernen Saigerscharten bedeckt, welche die Saigerritze zwischen sich lassen. Ueber den Saigerscharten wird zuweilen aus ringsum darauf gestellten Saigerblechen ein Raum zur Aufnahme der zu saigernden Massen hergestellt, welche durch Feuer mit Holz in der Saigergasse oder auch durch eingemengtes Brennmaterial erhitzt werden. Das durch die Saigerritze tröpfelnde Fluidum rinnt auf der geneigten Sohle der Saigergasse in den Sumpf *b*. In der Brandmauer befindet sich ein mit der Saigergasse in Verbindung stehender Zug. — Noch einfacher ist der Saigerherd (Pauschherd) für eisenhaltiges Zinn. Beispiel.

Fig. 131.



II. Herde mit Gebläse.

68. Allgemeines. Dieselben[1]) dienen seltener zu Glühungen (Schweissfeuer, Eisenbratherd) und zu Reductionsprocessen (Hammergaarherd für Kupfer), als zu oxydirenden Schmelzungen weniger bei niedrigeren (Bleiherde) als bei höheren Temperaturen (Frischfeuer, Feineisenfeuer, Kupfergaarherd, Freiberger Silberfeinbrennherd). Zweck.

Zur Erzielung der höheren Temperatur genügt Zugluft nicht mehr, sondern es muss comprimirte Luft in reichlicherer Menge durch Gebläse zugeführt werden, welche, wenn erhitzt, zur Steigerung der Temperatur beiträgt. Der Wind wird je nach der Grösse des Herdes durch eine oder mehrere Düsen eingeführt, entweder horizontal (Bleiherd, Schweissfeuer, Eisenbratherd) oder, wenn derselbe auf das Product kräftig oxydirend wirken soll, stechend (Kupfergaarherd, Eisenfrischherd, Feineisenfeuer). Zudem erzeugen sich hinter jedem Luftstrom drei Zonen, zunächst dem Formrüssel eine oxydirende, dann folgt dahinter eine neutrale und am entferntesten eine reducirende, so dass der zu behandelnde Körper eine verschiedene Umänderung erleidet, je nachdem man denselben mehr in die eine oder andere Zone bringt

Von den aus solchen Herden entweichenden, in ihrer Zusammensetzung sehr variabeln Gasen (Gichtgase) sind besonders die Frischfeuergase von Ebelmen[2]) untersucht. Dieselben enthalten, weil die anfangs gebildete Kohlensäure minder lange mit Kohle in Berührung bleibt, als in Schachtöfen, weniger brennbare Bestandtheile, sind aber sehr heiss und ihre Wärme kann ausgenutzt werden zum

---

1) Ledebur, die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege, Braunschweig 1878, S. 348. 2) Ann. d. min., 4 sér. 3, 167. Bergwerksfreund 6, 296; 7, 1.

Vorwärmen des Roheisens oder des abzuschweissenden Frischeisens, zum Heizen von Puddelöfen, zur Winderhitzung [1]), zum Heizen von Dampfkesseln u. s. w.

Fig. 132.



Wegen der grösseren Brennmaterialverschwendung bei geringer Höhe und des Erfordernisses von theurem verkohlten Brennmaterial und sehr erfahrener Arbeiter, sowie wegen Behinderung des Oxydationsprocesses und möglicher Verunreinigung des Hauptproductes durch letzteres sind die im Allgemeinen keine grossen Productionen zulassenden Herde theilweise durch vollkommenere Apparate ersetzt (Flammöfen zum Frischen und Schweissen des Eisens, zum Raffiniren des Kupfers und Silbers), während dagegen andere wegen geringen Verbrauches minderer Brennmaterialien und wegen grosser Production ihren Platz anderen Apparaten gegenüber behauptet haben (Bleiherde, welche den Uebergang zu Schachtöfen bilden).

Beispiele. a) Herde zum Schweissen und Frischen. Fig. 132, Schweissfeuer. *a* Feuerraum. *b* Arbeitsseite. *c* Mauer zum Schliessen des Feuers an der Vorderseite. *d* Form zur Windzuführung. *e* Schlackenabstich. *f* Esse zur Abführung der Gichtgase.

Fig. 133.

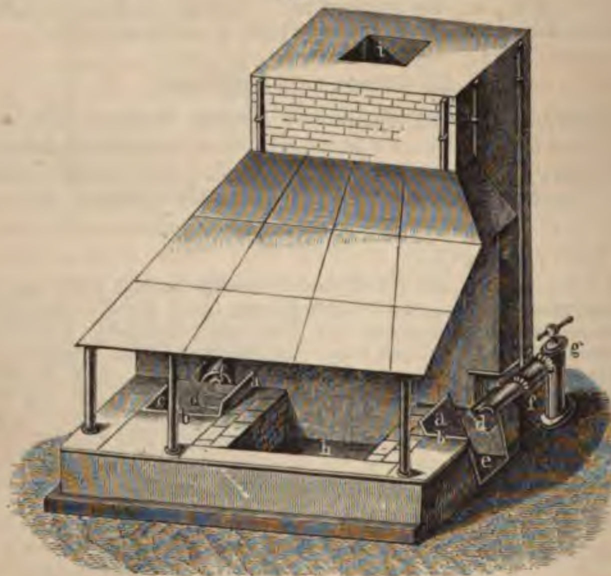


Fig. 133, Eisenfrischfeuer mit Feuergrube, gebildet aus Eisenplatten (Frischzacken) und zwar dem Hinter- oder Aschenzacken *a*, dem Gichtzacken *b*,

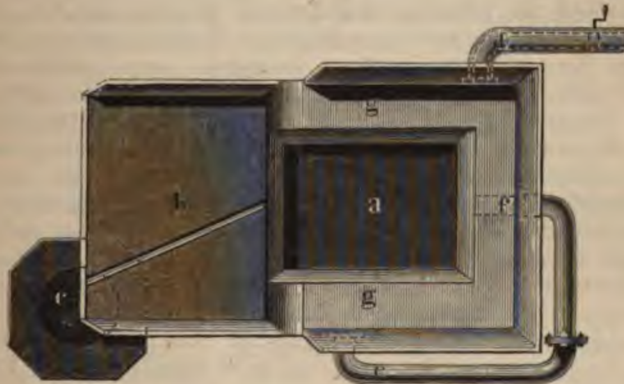
1) Neuer Rhonitzer Apparat in B. u. h. Ztg. 1878, Taf. 5, Fig. 21—23.

dem Vorder- oder Schlackenzacken *c* mit dem Schlackenloch, dem Formzacken *d* und der Bodenplatte *e*. *f* Düse mit 5—16° Stechen. *g* Windstock. *h* Aschenloch oder Kohlenreservoir. *i* Esse.

Fig. 134.



Fig. 135.



b) Herde zum Schmelzen. Fig. 134. 135. Amerikanischer Bleiherd. *a* Reservoir für das aus dem darüber behandelten Erze ausgeschmolzene Blei, welches in einer Rinne der Arbeitsplatte *b* in den Kessel *c* fliesst. Die kalte Gebläseluft tritt durch das Rohr *e* in die eiserne durch eine Zunge getheilte Hohlwand *g*, circulirt darin und geht erhitzt durch das Rohr *g* zur Düse *f*.

Kupfergaarherd (Fig. 136). *a* in schwerem Gestübbe *b* ausgeschnittener Herd. *c* Eisenplatte. *d* Feuchtigkeitsabzug. *f* Form in der Brandmauer zur Aufnahme der stark stechenden Düse.

Fig. 136.



B. Schachtöfen.

Unterschied von Herden.

69. Allgemeines. Dieselben haben mit den Herden die senkrechte Hauptaxe gemein, unterscheiden sich davon aber durch grössere Höhe des ummauerten Raumes (Schacht) — dessen Innen-Verticalprojection mindestens den gleichen Flächeninhalt, als die grösste Horizontalprojection hat — zur Aufnahme der hüttenmännisch zu bearbeitenden Materialien. Bei Zulassung eines continuirlichen Betriebes haben die Schachtöfen vor den Herden die S. 30 erwähnten Vorzüge, nutzen namentlich wegen des darin zur Geltung kommenden Gegenstromprincipes und der Zurückführung des grössten Theils der abziehenden Wärme das Brennmaterial am besten aus. Es beträgt nach Ledebur der absolute Wirkungsgrad (S. 208) z. B. beim Eisenhohofen 0.34, beim Cupoloofen 0.30—0.50, der relative Wirkungsgrad beim Hohofen 0.71. Die Wärmeabgabe erfolgt um so rascher und es kann der Ofen um so kleiner sein, je grösser die Oberfläche des zu erhitzenden Körpers und sein specifisches Gewicht, und je besser er die Wärme leitet. Das Mauerwerk besteht entweder aus ein und demselben Material oder ein feuerfesteres (Kernschacht, Futter) ist von minder feuerbeständigen Steinen (Rauhgemäuer, Mantel) oder einem Eisenmantel umgeben. Zwischen Kernschacht und Rauhgemäuer bleibt zuweilen ein mit schlechten Wärmeleitern lose anzufüllender Zwischenraum (Füllung) zum Zusammenhalten der Wärme und zum Schutz des Rauhgemäuers gegen die Ausdehnung des Kernschachtes. Seltener bestehen die Oefen ganz aus Eisen mit äusserlicher Wasserkühlung (S. 204). Die Gestalt des Ofeninnern ist eine sehr mannichfache. Am einfachsten ist die Cylinderform, welche aber häufig nach oben oder unten in eine conische übergeht zur Concentration der Hitze und zur Verminderung der Reibung der Substanzen an den Wänden. Ein kreisförmiger Horizontalquerschnitt hat zwar die geringste Ausstrahlungsfläche und gestattet eine gleichmässigere Bewegung von zu erhitzenden Körpern und aufsteigenden Gasen, kann aber durch einen rechteckigen ersetzt werden müssen, wenn es nur eines schwach gepressten Windstrahles bedarf, welcher von der langen Seite aus das Brennmaterial besser durchdringt. Bei solchen Oefen mit oblongem Horizontalquerschnitt bezeichnet man von den vier Wänden die hintere mit Hinter- oder Rückwand oder Brandmauer, die vordere mit Vorderwand oder Stirnmauer, die beiden Seitenwände mit Ulmen, Backen, Wangen, Futtermauern. Den unteren Theil der festen Vorderwand pflegt die Vorwand zu bilden, deren unteres Ende man Brust nennt. Je nachdem nun die Vorwand bis in das Gestübbe des Herdes ganz niedergeht oder dasselbe nicht berührt, unterscheidet man Oefen mit geschlossener und offener Brust. Gewöhnlich haben die Schachtöfen drei Oeffnungen, eine obere zum Eintragen der Materialien und zum Ausziehen von Gasen und Dämpfen (Gicht, Gicht-, Aufgebe- oder Chargiröffnung), eine oder mehrere unten seitlich zum Ausziehen fester (Ausziehöffnungen) oder zum Ablassen flüssiger Massen (Stich, Stichöffnung, Spur, Auge) und eine oder mehrere in einiger Entfernung über den letzteren zur Einführung von Verbrennungsluft

Ofentheile.

(Formöffnungen), insofern diese nicht durch die Ausziehöffnungen eintritt. Den Ofentheil unter den Formöffnungen bezeichnet man mit Herd, Sumpf oder Untergestell, zuweilen beweglich gemacht (Bocard's Cupoloofen). Nach unten ist der Ofenschacht entweder durch feuerfestes künstliches oder natürliches Mauerwerk (Sohlstein, Bodenstein) begrenzt, mit welchem entweder die beim Process erfolgenden Producte direct in Berührung kommen (Eisenhohöfen, Kupferschieferöfen, Röstöfen) oder die steinerne Sohle wird zum Schutz gegen corrodirende und abkühlende Wirkung mit feuerfesten losen Massen überkleidet (Schlacken-, Lehm-, Gestübbesohle in Blei-, Silber-, Zinn- und den meisten Kupferöfen). Seltener erspart man den Sohlstein durch eine Sandlage zwischen Lehm- und Gestübbesohle (Tarnowitzer Bleiöfen). Die Oefen sind entweder Zug- oder Gebläseschachtöfen, je nachdem man darin nur mindere oder höhere Temperaturen hervorbringen will. Man verwendet meist verkohltes Brennmaterial, weil bei rohem die Destillationsproducte Wärme binden und unvollständig wieder im Ofen verbrennen; doch kommen auch letztere, sowie gasförmige Brennstoffe für manche Zwecke mit Vortheil in Anwendung. Gewöhnlich befinden sich Erz und Brennmaterial in unmittelbarer Berührung in horizontalen Lagen oder verticalen Säulen, doch kommen auch Schachtöfen mit unter der durchbrochenen Sohle befindlicher und seitlicher Feuerung (Flammschachtöfen)[1]) vor, wenn die Asche des Brennmaterials die Substanz (feuerfeste Thone, Eisenerze, Thonwaaren, Kalk u. s. w.) verunreinigen, eine unerwünschte Reduction eintreten würde (Galmei) oder eine kräftige Oxydation beabsichtigt wird (Rösten schwefelkieshaltiger Eisenerze). Man kann festes oder gasförmiges Brennmaterial anwenden und letzteres nöthigenfalls durch Gebläseluft verbrennen (Westman's Eisenerzröstofen).

70. Ofenbau. [2]) Behufs Baues von Oefen für Metallhütten (Eisenhohöfen bedingen manche im Grundriss der Eisenhüttenkunde näher angegebene Abweichungen) reisst man bis zum Felsengrund einen Schram auf und füllt zur Herstellung eines Fundamentes den Raum bis etwa 0.5 m unter der Hüttensohle und tiefer mit über einander geworfenen Steinen aus, welche wohl mit Gypsmörtel oder Cement vergossen werden. Auf diesem Fundamente werden zunächst die beiden Seitenwände und die Hinterwand des Rauhgemäuers nöthigenfalls mit dem Rauchmantel an der Vorderwand bis zur Gicht aufgeführt, indem man wohl im Rauhgemäuer communicirende verticale und horizontale, ins Freie mündende Feuchtigkeitsabzüge, sowie Verankerungen anbringt, indem man häufig nur einige Ankerplatten in der Nähe der Ofenecken anwendet, welche durch schmiedeeiserne, durch das Rauhgemäuer hindurchgehende Anker festgehalten werden. Verfahren.

Bei den Raschetteöfen stehen die Züge schon während des Aufbaues derselben mit einer unter der Sohle desselben befindlichen Feuerung in Verbindung, was ein rasches Trocknen des Gemäuers und eine Herstellung desselben in kalter Jahreszeit zulässt.

---

1) Gruner, Abhandl. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 272, 286, 288. 2) Kerl, Oberharzer Hüttenprocesse 1860, S. 294. Kerl, Rammelsberger Hüttenprocesse 1861, S. 31.

Die Gichtöffnung bleibt entweder ganz frei (z. B. bei Eisensteinsröstöfen) oder wird mit einem Mantel (Gichtmantel) zum Abzug von Gasen, Flamme u. s. w. umgeben (Röstöfen, Eisenhohöfen u. s. w.) oder es erheben sich darüber noch Flugstaubkammern (Oberharzer Bleiöfen), insofern die flüchtigen Producte bei alsdann geschlossener und wohl mit einer Chargirvorrichtung versehener Gicht nicht durch einen Canal seitlich oder durch ein Centralrohr abgeleitet werden (Pilz'scher Bleiofen).

Hierauf stellt man auf dem Fundamente zwischen dem Rauhgemäuer etwa 16 cm hoch Kreuzcanäle aus Barnsteinen zum Abzug der Feuchtigkeit her, stampft eine etwa 5—6 cm hohe Lehmschicht auf, wärmt diese ab, legt darauf den Sohlstein und führt auf diesem im ausgetrockneten Rauhgemäuer den Kernschacht auf. Zuletzt wird die nach unten hin ganz oder theilweise offen gebliebene Vorderwand durch eine Vorwand geschlossen, nachdem nöthigenfalls der Sohlstein mit einer Schlacken-, Lehm- oder Gestübbesohle überkleidet worden (Zumachen des Ofens). Im Rauhgemäuer werden an den betreffenden Stellen die Formgewölbe, im Kernschacht die Formöffnungen ausgespart. Bei wandelbarem Untergrund legt man das Mauerwerk wohl auf einen Pfahlrost[1]) (Schweden, Perm); auch können Kreuzgewölbe als Fundament dienen.

Während man früher den Kernschacht vor Wärmeverlusten durch starkes Rauhgemäuer zu schützen suchte, dadurch aber ein leichteres Wegschmelzen des stärker erhitzten Innengemäuers begünstigte, so beseitigt man letzteren Uebelstand neuerdings häufig durch Herstellung eines dünnen Rauhgemäuers oder Ersetzung desselben durch einen Blechmantel, welcher nöthigenfalls noch durch Wasser gekühlt wird (S. 202). Die Erfahrung hat ergeben, dass trotz eines grösseren Wärmeverlustes der ökonomische Vortheil doch auf Seite der Kühlung liegt. Nur wenn die Temperatur im Ofen so niedrig ist, dass ein Wegschmelzen des feuerfesten Futters nicht zu fürchten und ein anhaltender Ofenbetrieb stattfindet, wirken dickere Wände, namentlich mit einer Füllung dazwischen, vortheilhaft. Die aus Eisenblechplatten zusammengenieteten Eisenmäntel, am untern Rande gewöhnlich an einem den Schacht tragenden Gusseisenring festgeschraubt, müssen in einiger Entfernung von dem Steinfutter wegen dessen Ausdehnung bleiben, können auch, wenn sie bei grossen Oefen zu kostspielig werden, durch schmiedeeiserne mittelst Schrauben oder Keilverschluss zusammengehaltene Ringe ersetzt werden, indem man in der heissesten Ofenzone jede Steinlage mit einem Ring versieht, in kälteren Zonen jede zweite bis vierte Lage.

I. Zugschachtöfen.

Zweck. **71. Allgemeines.** Dieselben sind seltener zur Erzeugung niedrigerer Schmelztemperaturen, als besonders für Brenn- und Röstprocesse in Anwendung.

Construction. **72. Brenn- und Röstofen.** Die Gestalt und Einrichtung dieser Oefen ist sehr mannigfaltig (eiförmig, cylindrisch, cylindrisch-conisch u. s. w.), je nach der Beschaffenheit des Erzes (Korngrösse, Schmelzbarkeit u. s. w.) und des Brenmaterials, nach dem Zwecke der Röstung, nach lokalen Terrainverhältnissen und Gewohnheiten u. A. m.

Querschnitt. Oefen mit kreisförmigem Querschnitt (Fig. 137, 138, 140) lassen die geringste Wärmeausstrahlung, dauerhafteste Construction und sehr gleichmässige

1) Karsten's Eisenh., Taf. 19, Fig. 5 und 6. Rivot's Kupferhüttenkunde, deutsch von *Hartmann 1860, S. 56.*

Röstung zu, erfordern aber besonders geformte, theurere Steine und grossen Raum; auch können sie bei zu grosser Weite, in Folge unregelmässigen Niedergehens der Schicht, minder vollkommen arbeiten, als Oefen mit ovalem oder rectangulärem Querschnitt (Fig. 139, 141) und gebrochenen Ecken).[1] Der Uebelstand bei runden Oefen, dass die Massen in der Mitte rascher niedergehen, als an den Wänden hier der Reibung wegen, während die Gase mehr an letzteren aufsteigen und hier stärkere Hitze erzeugen, wird dadurch wieder ausgeglichen, dass an den Wänden, Wärmeverlust durch Ausstrahlung entsteht. Oblonge Oefen lassen bei einer bestimmten Breite eine grössere Länge für grössere Productionen bei bequemem Chargiren zu und erfordern keine besonders geformten Steine, aber ein sorgfältiges Chargiren und die Wärmeausstrahlung ist grösser, als bei kreisförmigem Querschnitt. Quadratische Oefen, bei leichter Bauart nur für kleinere Productionen tauglich, zeigen leicht ein Hängenbleiben und lockeres Anhäufen des Erzes in den Ecken, welches letztere bald unerwünscht, bald vortheilhaft ist, wie bei Substanzen, welche bei rundem oder stark oblongem Querschnitt zu dicht liegen würden (mulmige Eisenerze). Polygonale Querschnitte liegen hinsichtlich ihrer Vortheile und Nachtheile zwischen runden und oblongen. Zuweilen zeigen die Oefen in verschiedener Höhe verschiedene Querschnitte; sie gehen z. B. aus einem oberen kreisförmigen in einen mittleren polygonen und einen unteren runden oder quadratischen Querschnitt über.

Dimensionen.

Die Höhe richtet sich meist nach der Korngrösse und Schmelzbarkeit der Substanz, sowie sonstigen Eigenschaften derselben (schwefelarme Erze erfordern zum Fortbrennen höhere Oefen als schwefelreiche). Die Weite influirt hauptsächlich auf die Grösse der Production. Dieselbe kann in allen Höhen gleichbleiben (cylindrische und prismatische Oefen), wo dann aber bei grossen Dimensionen in der Mitte des Ofens eine beinahe unveränderte träge Masse bleibt, was durch Verengerung des Ofens unter der Verbrennungszone (Fig. 138, 139) oder einen Abrutschkegel (Fig. 137, 138) oder eine Pyramide auf der Sohle, behuf des Luftzutritts am besten durchlöchert (Fig. 138), vermieden wird; eine solche Zusammenziehung nach unten veranlasst allerdings keine so vollständige Abkühlung der Massen durch die hindurchziehende Luft. Eine Verengerung des Ofens nach oben veranlasst eine stärkere Auflockerung der Massen, so wie eine Steigerung der Temperatur in den Wänden wegen stärkerer Ansammlung der Gase daselbst; bei einer gegebenen Höhe ist die Masse im Ofen bei seinen geringeren oberen Querdimensionen geringer, sie sinkt deshalb rascher nieder, die Gase steigen schneller auf und es geht mehr Wärme verloren. Eine starke Verengerung nimmt man wohl bei mulmigen, aufzulockernden oder bei strengflüssigen oder schwefelärmeren Erzen vor, bei leichtflüssigen führt sie leicht zu Sinterungen. Eine Erweiterung des Ofens nach oben (Fig. 139), wohl bei leichtflüssigen oder schwefelreichen Erzen üblich wegen Abnehmens der Temperatur nach oben, lässt bei einer gegebenen Höhe die Vermehrung des Ofenvolums zu, die Chargen gehen langsamer nieder und die Gase entweichen kälter, aber die Bewegung der Massen und der Gase findet in der Axe weit rascher statt, als an den Wänden. Eine mindere Ofenhöhe kann durch eine solche Erweiterung ausgeglichen werden. Im Allgemeinen empfiehlt sich bei verticalen Ofenwänden ein runder oder ovaler, bei nach oben erweiterten Oefen ein ovaler oder rechteckiger Querschnitt mit gebrochenen Ecken. Schwefelärmere Erze erfordern grössere Weite als schwefelreiche. Man hat Röstöfen auch transportabel gemacht.[2])

Modificationen.

73. Röstöfen für Bruchstücke. Dieselben unterscheiden sich hauptsächlich durch die verschiedene Befeuerung, welche wieder von dem Zweck der Röstung, sowie von der Beschaffenheit des Brennstoffs bedingt wird. Es trägt zur besseren Wärmeausnutzung wesentlich bei, wenn man die Oxydationsluft durch das bereits abgeröstete, aber noch heisse Material in einem Kühlraume aufsteigen lässt. Von solchen Oefen kommen folgende Modificationen vor:

Anwendbarkeit.

1. Röstöfen bei Schichtung des Brennmaterials mit dem Erz. Bei guter Ausnutzung eines minder werthvollen Brenn-

1) B. u. h. Ztg. 1862, S. 211. 2) v. Kerpely, Eisenhüttenwesen in Ungarn 1872, S. 252.

materials eignet sich dieses Verfahren für Substanzen, welche keiner oxydirenden Röstung bedürfen, sondern nur mürbe gebrannt oder von flüchtigen Stoffen befreit werden sollen (schwefelarme Roth- und Brauneisensteine, Galmei). Als Uebelstände können dabei auftreten: Verunreinigung des Erzes durch die unreine Asche des Brennstoffs (Eisenerze durch Schwefel und Phosphor), Metallverlust durch Verflüchtigung (Galmei) oder unerwünschte Sinterung der Substanzen (Eisenoxyde durch Bildung von schmelzbarem Eisenoxyduloxyd) bei zu viel Brennmaterial. Porösere Brennstoffe erfordern keine Röstvorrichtungen (Plan-, Treppen-, Sattel-, Kegelroste), wohl aber dichtere (Steinkohlen, Cokes); in beiden Fällen gestattet ein Rost einen gleichmässigeren Luftzutritt und regelmässigeren Ofengang, wogegen aber die Construction minder einfach und die Unterhaltung kostspieliger ist. Bei einem fehlenden Rost tritt die Luft meist durch die Ausziehöffnungen, seltener durch separate Oeffnungen ein und das Ausziehen wird erleichtert durch Neigung des Rostes gegen die Oeffnungen hin oder durch Anbringuug eines soliden oder durchbrochenen Daches (Sattels) oder Abrutschkegels auf der Ofensohle. Bei Oefen mit Rost findet das Ausziehen der Erze entweder im Niveau desselben statt oder man lässt das Röstgut durch Wegziehen einzelner Roststäbe in den Aschenfall gelangen. Die Verbrennungszone liegt meist in einer gewissen Höhe über dem Boden und indem die Luft in den auf letzteren niedersinkenden Substanzen aufsteigt, wärmt sie sich vor und befördert die Verbrennung. Derartige Oefen finden hauptsächlich beim Rösten von Zink- und Eisenerzen Anwendung.

Beispiele. a) Oefen ohne Rost. Ein Galmeibrennofen ohne Rost (Fig. 137) hat nachstehende Einrichtung: *a* Kernschacht, an der Gicht 2.20, im Bauche 2.14

Fig. 137.

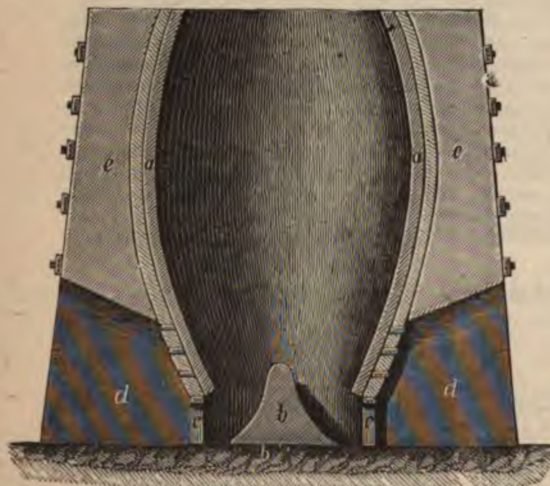
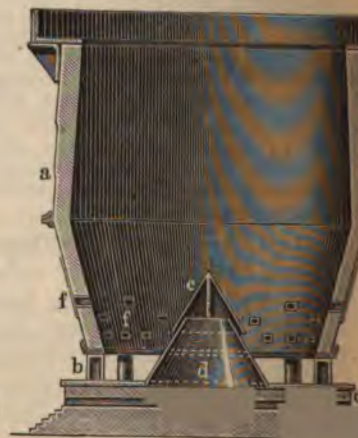


Fig. 138.



und unten 1.70 m weit bei 5.35 m Höhe von der Gichtmündung bis zur Spitze des 1.5 m hohen Abrutschkegels *b*. *c* 4 Ausziehöffnungen von 0.56 m Höhe und Weite. *d* Arbeitsgewölbe. *e* Rauhgemäuer.

Cleveländer Eisenerzröstofen (Fig. 138). *a* Mauerwerk, mit Eisenmantel umgeben. *b* Tragsäulen. *c* Fundamentplatte. *d* Abrutschkegel mit Kappe *e*. *f* Luftzüge. Weite des Ofens oben 4.393, mitten 6.285 und unten 5.65 m bei 6.6 m Höhe.

Englischer Eisenerzröstofen (Fig. 139). *a* geneigter Boden. *b* Ausziehöffnungen. *c* Räumlöcher. Länge des Ofens 6 m, Breite 3 m, Höhe 4—5 m.

Fig. 139.



Hoffmann'sche Ringöfen sind von Gruner[1]) zum Rösten von Eisenerzen empfohlen.

b) Oefen mit Rost. Oberschlesischer Eisenerzröstofen mit Planrost (Fig. 140). *a* Gichtplatte. *b* Schacht. *c* Rost. *d* Kernschacht. *e* und *f* Ausziehöffnungen. *g* Aschenfall. Höhe 4.39—5.65 m, Weite oben 2.1 m, im Bauche 2.35 m, unten 0.94 m.

Fig. 140.



Steierscher Eisenerzröstofen mit Treppenrost (Fig. 141). *A* Schacht von 12 m Länge, 2.85 m Breite und 4.11 m Höhe. *B* Treppenrost. *a* Ausziehöffnung. *b* Abrutschkegel. *c* Lutte zur Aufnahme der ausgezogenen Erze. *d* Ablaufbahn. *e* Kernschacht. *f* Rauhgemäuer.

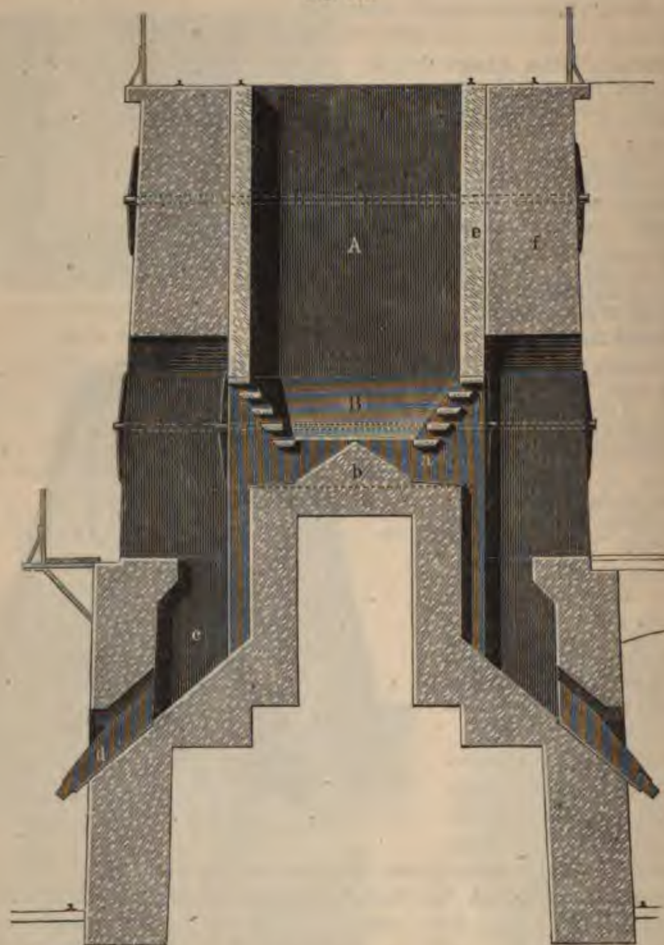
Coloradoofen.[2]) In die Oeffnungen des Rostes werden Holzstangen gesteckt, das mit Kochsalz befeuchtete Erz in den Schacht gestürzt, die Stangen herausgezogen, wobei Canäle bleiben, und nun unter dem Rost gefeuert.

2) Flammenröstöfen. Bei minder vollständiger Ausnutzung der Wärme, dem Erforderniss eines besseren, langflammigeren Brennmaterials und zuweilen ungleichmässigerer Röstung als im vorigen Falle, gelangt die Flamme von einem unterhalb (Fig. 143) oder von einem oder mehreren seitlich gelegenen Rosten (Fig. 142) in das Röstgut im Ofen, wobei eine mehr oxydirende Wirkung erzielt werden kann (z. B. für schwefelreiche Eisenerze), sowie die Verunreinigung der Substanz durch Asche, ein Sintern durch Eisenoxyduloxydbildung oder eine Metallverflüchtigung durch Reduction (Galmei) weit weniger zu fürchten ist. In Oefen von grösserer Weite vertheilt sich bei im Innern derselben gelegenem Anwendbarkeit.

1) B. u. h. Ztg. 1872, S. 182. Gruner-Kupelwieser, Abhandl. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 244. 2) B. u. h. Ztg. 1872, S. 26.

Feuerraum die Flamme besser als bei seitlicher Lage des Rostes. Derartige Oefen kommen meist nur für Eisenerze mit oder ohne Wasserdampfzuführung [1]) (S. 19) in Anwendung, seltener für Zinkerze (Spanien) [2]) und mit Kochsalz angemengte und in Ziegelform gebrachte Silbererze (Kent's Ofen) [3]).

Fig. 141.



Beispiele. Galmeiröstofen mit Aussenfeuerung (Fig. 142). *A* Ofenschacht, oben 1.76 m, unten 0.5 m weit und 4.5 m hoch. *B* zusammengezogener Ofentheil. *a* Rost. *b* Abrutschfläche. *c* Ausziehöffnung. *d* Chargiröffnung. *e* Schlot.

Eisenerzröstofen mit Innenfeuerung (Fig. 143). *a* Ofenschacht, 5.81 m hoch, oben 1.41 m, unten 2.88 m weit. *b* Feuerungsraum, mit dachförmig

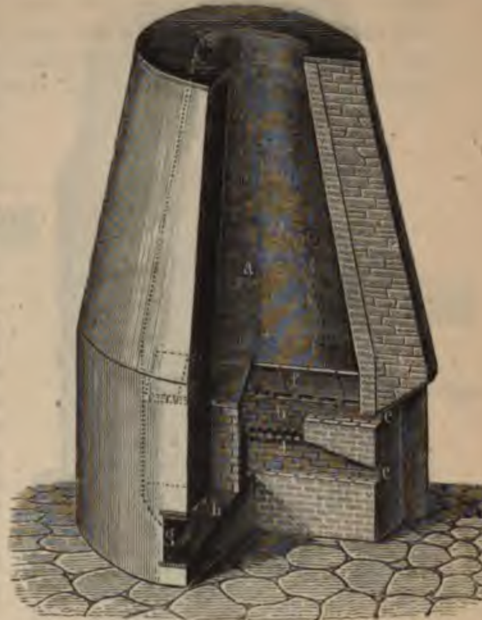
1) B. u. h. Ztg. 1853, S. 659. 2) B. u. h. Ztg. 1862, S. 360. 3) B. u. h. Ztg. 1866, S. 245.

zusammengestellten Eisenstäben (Schweinerücken) darüber. *c* Schürloch. *d* Aschenfall. *e* Luftzugcanal. *g* Ziehöffnung. *h* Eisenplatten.

Fig. 142.



Fig. 143.



3) **Gasröstofen.** Gichtgase, seltener Generatorgase werden zwischen das Röstgut im Ofen geleitet und verbrennen hier unter Zuführung von Zugluft, seltener von Gebläseluft (Westman's Ofen [1]), Fig. 90) einfacher, als wenn man die Gase ausserhalb des Ofens verbrennt und diesem dann die Flamme zuführt. [2]) In kleineren Oefen (Fillafer's Ofen [3]), Fig. 88a) findet eine gleichmässigere Wirkung der Gase statt als in grösseren und für letztere ist die Zuleitung der Gase in der Mitte (Ofen zu Hof) [4]) derjenigen an der Peripherie (Danemoraofen [5]), Fig. 144) vorzuziehen. Construction.

Die Gasöfen, zur Zeit nur zum Rösten der Eisenerze angewandt, sind die vorzüglichsten Röstöfen, indem dieselben eine sehr vollkommene Ausnutzung der Hitze, eine Regulirung derselben, sowie die Herstellung einer oxydirenden oder reducirenden Röstatmosphäre zulassen; dagegen ist ihr Betrieb minder einfach zu leiten. Vorzüge.

Danemoraofen (Fig. 144). *A* Ofenschacht von 5.02 m Höhe, 1.57 m Weite an der Gicht und 2.20 m unten. *B* Rauhgemäuer. *C* Ausziehöffnungen. *D* Gaszuführungsrohr, durch Aschenfüllung *d* gedichtet. *a* Kernschacht. *b* Füllung. *c* gusseiserne Träger. *e* Räumöffnung für Flugstaub aus der Vertiefung *f*. *g* ringförmiger Canal, aus welchem die Gase durch Füchse *i* in über den Trageisen befindliche Canäle *k* ausströmen und aus diesen theils in den Ofen treten, theils in Beispiel.

1) Percy-Wedding's Eisenhüttenkunde, Bd. 2, S. 485. 2) B. u. h. Ztg. 1852, S. 579. 3) v. Kerpely's Fortschr. 3, 17. 4) Allgem. B. u. h. Ztg. 1860, No. 1. 5) B. u. h. Ztg. 1852, No. 36. v. Tunner's Eisenhüttenwesen in Schweden. 1858, S. 24.

noch 2 Reihen anderer Canäle *m* darüber. *h* eiserne Thüren vor den Canälen. *l* Schieber im Fuchs *i* zur Regulirung der Gasmenge. *n* Späheöffnungen.

Anwendbarkeit.

Fig. 144.

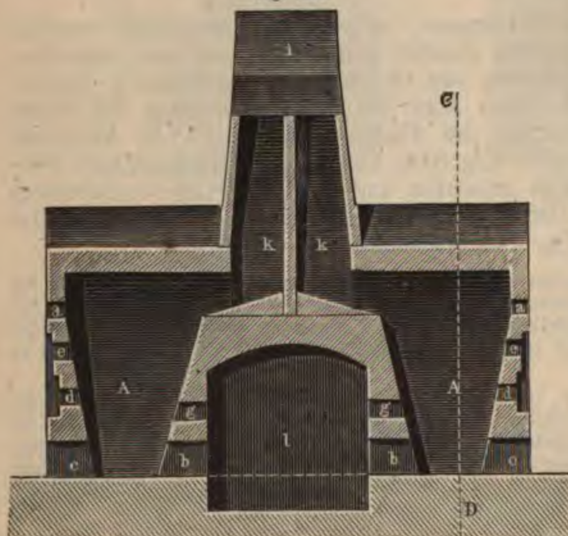


4) **Röstöfen, in welchen der Schwefelgehalt der Erze als Brennmaterial dient.** Derartige Oefen (**Kilns**)[1]) bedürfen nur anfangs einer Erhitzung durch minderes Brennmaterial bis zu solchem Grade, dass die hineingebrachten Schwefelmetalle in Röstgluth gelangen, wo dann der verbrennende Schwefel die zum Weiterrösten erforderliche Temperatur unterhält. Dieselben sind neuerdings vielfach (**Oker, Freiberg** u. s. w.) an die Stelle der Haufen und Stadeln getreten, weil sie nur Minutien von Brennstoff erfordern und Röstgase liefern, welche, frei von Feuergasen und stark überschüssiger Luft, sich zur Schwefelsäurebildung ganz besonders eignen.

Construction.

Für schwefelreichere Erze lässt man sich, damit dieselben weniger leicht sintern, die meist quadratischen oder oblongen Oefen **nach oben erweitern** und führt Luft zur Oberfläche des Röstgutes (**Oker**, Fig. 145); bei schwefelärmeren dagegen wendet man weitere Oefen mit verticalem Schachte an (Fig. 147) oder man zieht zur Concentration der Wärme den Schacht nach oben zusammen und lässt die Luft mehr von unten zum Erz treten (**Freiberger Kilns**, Fig. 146). Durch Einmengen geringer Brenn-

Fig. 145.



1) Bgwfr. 14, 63; 15, 547. B. u. h. Ztg. 1850, S. 228; 1864, S. 188. Ztschr. d. Oest. Ing.-Ver., 8. Jan. 1862.

materialquanten lässt sich die Temperatur nöthigenfalls steigern oder eine reducirend-zerlegende Wirkung auf schwefel- und arsensaure Salze ausüben. Die Luftzuführungsöffnungen sind mit gut schliessenden Thüren versehen, an welchen sich Reiber befinden können. Ein Rost bei schwefelarmen Erzen befördert den gleichmässigen Luftzutritt und dadurch, dass man die quadratischen Roststäbe mittelst eines Schlüssels drehbar macht, lassen sich deren Fugen mehr oder weniger öffnen und schliessen.

Fig. 146.

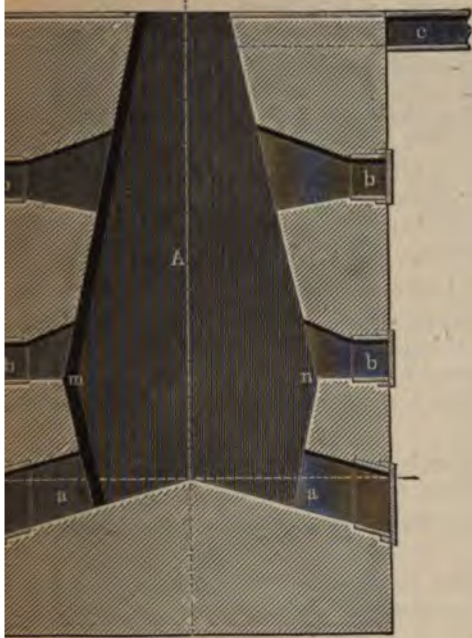
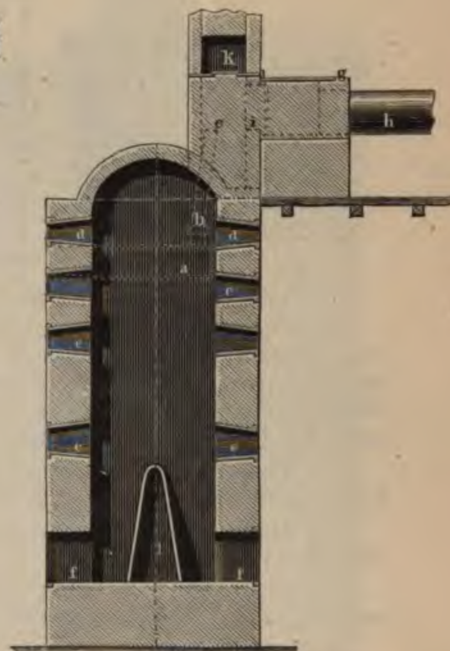


Fig. 147.

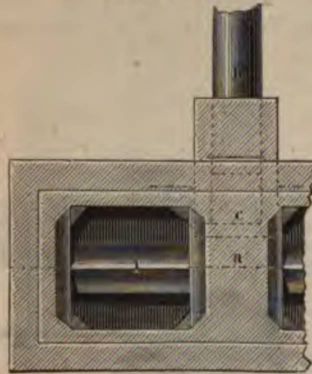


Aeltere Okersche Kilns[1]) (Fig. 145). *A* Quadratische Ofenschächte, oben 1.26 m, unten 0.63 m weit und 1.99 m hoch. *a* Chargiröffnungen. *b* und *c* Ausziehöffnungen. *d*, *e*, *g* Räumlöcher. *k* und *i* Gasabzüge. *l* überwölbter Canal. Auszieh- und Räumöffnungen sind durch Thüren dicht verschliessbar, die Chargiröffnungen mit Reiberthüren versehen. Diese Kilns dienten früher zum Rösten sämmtlicher Okerscher Kupfererze; neuerdings werden die schwefelreicheren Kupfererze und Schwefelkiese von geringerer Korngrösse in Kiesbrennern (S. 216) geröstet, schwefelärmere Erze (Bleierze, kupferreiche Kupfererze) in Schachtöfen (Kilns) jeder mit 5 sich etwas nach oben erweiternden Schächten von 1.46 m Weite und Länge bei 1.60 m Höhe, die unter dem Gewölbe mit einander communiciren, soweit die Verbindung nicht durch Einschaltung des Salpetercanals unterbrochen ist. Höhe der Beschickungssäule 1.3 m über der Oberkante des Sattels auf der Sohle. **Beispiele.**

1) Kerl, Rammelsberger Hüttenproc. 1861, S. 26 (Nachtrag). Muspratt, techn. Chem. 6, 204. B. u. h. Ztg. 1859, S. 363. Oest. Ztschr. 1871, No. 11 u. 12. Preuss. Ztschr., Bd. 25, Taf. 2, Fig. 1—4.

Freiberger Kilns für bleiarme Stuffkiese (Fig. 146). *A* Schachtraum, oben 1.05 m, im Bauche *mn* 1.57 m und unten 1.26 m weit bei 3.45 m Höhe. *a* Auszieh- und Luftzuführungsöffnungen. *b* Arbeits- und Räumöffnungen. *c* Canal zur Abführung der schwefligen Säure.

Fig. 148.



Oberharzer Kilns für Kupferkiese und Bleisteine (Fig. 147 u. 148). Schacht 4 m hoch, 1.2 m weit, 1.5 m oben und 1.2 m unten lang. *a* Salpeterkasten in der Scheidewand zwischen zwei Oefen, die salpetrigsauren Dämpfe durch eine Röhre *b* in das gemeinschaftliche Abzugsrohr *c* für die schweflige Säure entlassend. *d* Chargiröffnung. *e* Räumöffnungen. *f* Ausziehöffnung. *g* Deckel. *h* gusseiserne Röhre. *i* Schieber. *k* Schornstein.

Die neueren **Freiberger oblongen Kilns**[1]) mit verticalem oder nach oben erweitertem Schachte haben 3.14 m Höhe und für Kiese 2.2 m Breite und 1.57 m Tiefe, für Steine 3.14 m Breite und 1.57 m Tiefe, sowie am Boden einen Sattelrost.

Manipulationen.

Arbeiten in Schachtröstöfen für Bruchstücke. Bei einem continuirlichen Ofengange sind dieselben gewöhnlich folgende:

a) Austrocknen, Füllen und Anzünden des Ofens.

b) Aufgeben von Erz und Brennmaterial mittelst Körben, Kästen, Wagen (zum Kippen oder mit beweglichem Boden oder beweglichen Seitenwänden) oder mittelst Einschaufelns (Kilns) bei wohl derartiger Vertheilung, dass die dicken Stücke mehr in die Mitte, das Klein mehr an die Peripherie kommt.

c) Ausziehen des Röstgutes durch seitliche Ausziehöffnungen oder durch Lüften des Rostes nach unten.

d) Aufräumen (Stören) des Erzes bei stattgehabter Sinterung in Folge zu hoher Temperatur.

e) Regulirung des Luftzutrittes in die Ausziehöffnungen oder besondere zum Ofen führende Oeffnungen.

Stöckelröstung.

74. Schliegröstöfen. Die Schliege lassen sich zwar einbinden (S. 62) und zu Stöckeln (S. 62) geformt in Haufen (Ungarn)[2]), Kilns, Kiesbrennern oder in **Hauch's** Schachtofen mit Korbrost[3]) rösten, aber dieses Verfahren ist nur da anwendbar, wo dasselbe durch lokale Verhältnisse (z. B. für Kiese bei Vorhandensein von schlecht verwerthbaren Mutterlaugen, Ueberhitze zum Trocknen, billigen Arbeitskräften) begünstigt wird.

Staubstromröstung.

Zum directen Rösten der Schliege sind nachstehende auf das Princip der **Staubstrommethode** (S. 30) basirte Oefen in Anwendung gekommen, wobei der verbrennende Schwefel entweder die erforderliche Temperatur zum Rösten unterhält (Oefen von **Gerstenhöfer**, v. **Kerpely** und **Hasenclever**) oder mit Brennmaterial besonders gefeuert wird (Oefen von **Stetefeldt** und von **Whelply** und **Storer**).

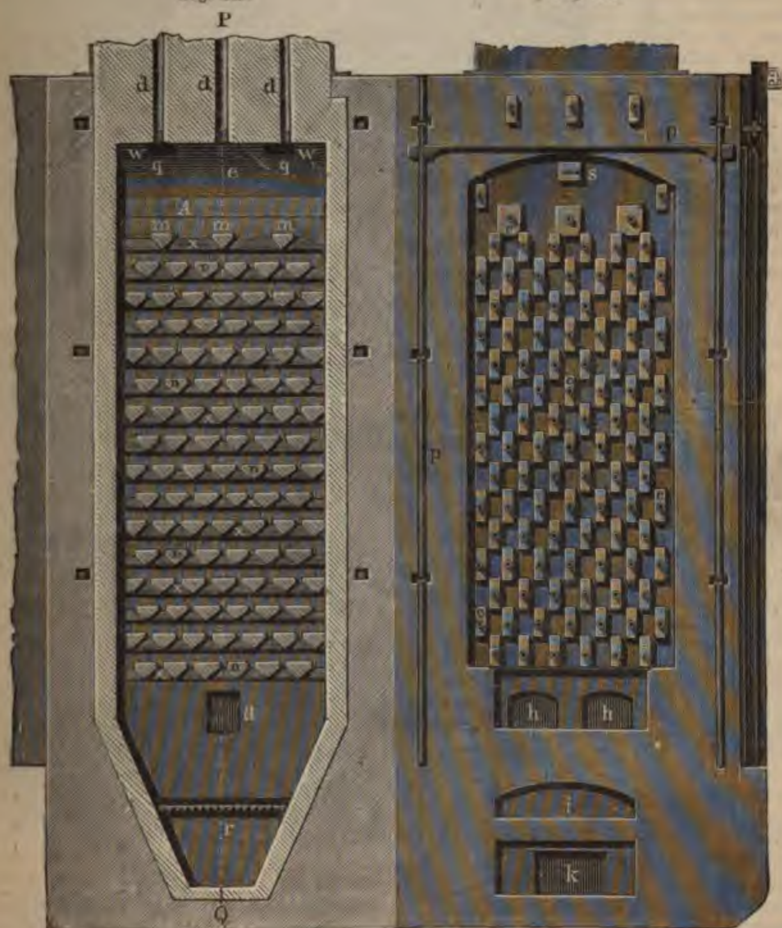
1) B. u. h. Ztg. 1865, S. 409; 1871, S. 264. Muspratt's techn. Chem. 4, 210. 2) B. u. h. Ztg. 1877, S. 363. 3) B. u. h. Ztg. 1876, S. 394.

Die Oefen der ersteren Art gestatten eine Benutzung der entwickelten schwefligen Säure zur Darstellung von Schwefelsäure, während letztere eine vollständigere Abröstung zulassen, aber eine mit Feuergasen verunreinigte, zur Schwefelsäurebereitung nicht taugliche schweflige Säure geben. Für Schliege lassen sich auch die im folgenden Paragraphen beschriebenen Graupenöfen anwenden.

Beispiele. **Gerstenhöfer's Ofen.**

Schütt- oder Terrassenofen von Gerstenhöfer.[1]) Fig. 150 Vorderansicht. Fig. 149 Querdurchschnitt nach MN. Fig. 151 Durchschnitt nach PQ. Fig. 152 Chargirvorrichtung. *A* Röstraum 3.766 m hoch, 1.412 m breit und 0.732 m

Fig. 149. Fig. 150.

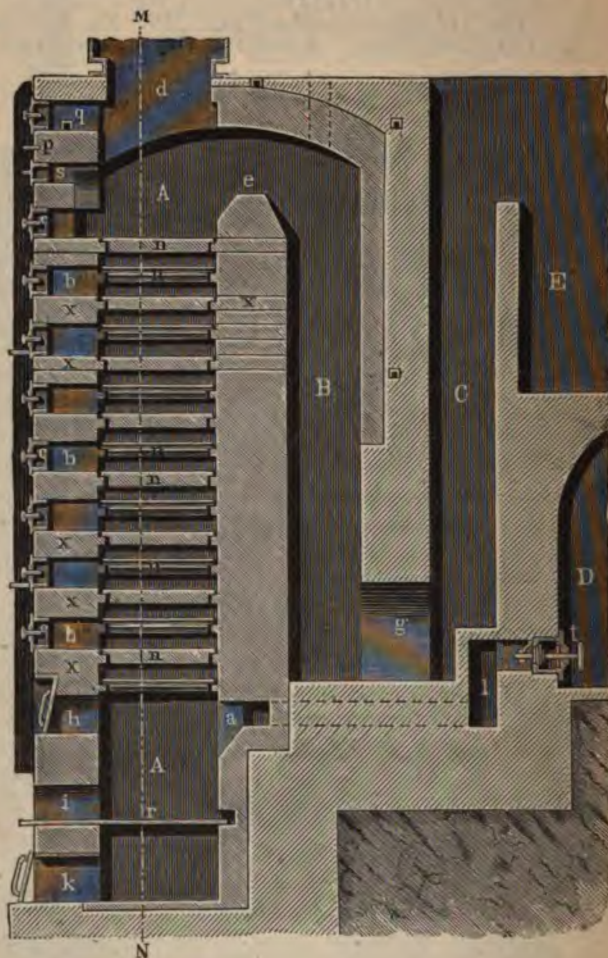


tief. *m* Erzvertheiler. *n* 15 Reihen thönerner Erzträger, auf Vorsprüngen der Lagersteine *x* ruhend. Das gepulverte Erz gelangt aus dem Kasten *F* (Fig. 152) durch

1) B. u. h. Ztg. 1864, S. 6; 1865, S. 118; 1866, S. 59, 337; 1872, S. 315; 1873, S. 116; 1875, S. 15, 88, 179, 215. Bode, Schwefelsäurefabrikation 1872, S. 34, 60, 63, 70. Dingl. 214, 118; 227, 70.

das Sieb *o* in den Eisenkasten *G* und wird durch Fütterwalzen *c*, deren Zugang *i* durch einen Schieber h^1 mehr oder weniger zu schliessen ist, den Schlitzen *d* im Gewölbe *w* zugeführt, fällt zunächst auf die Erzvertheiler *m*, rutscht von diesen auf die oberste Trägerreihe *n* ab, von dieser immer auf eine folgende, gelangt zuletzt auf den Boden und wird entweder durch eine seitliche Oeffnung *k* ausgezogen oder mittelst eines Schiebers nach unten entlassen oder mittelst einer Archimedischen Schnecke am tiefsten Punkte des von zwei Seiten geneigten Bodens aufgenommen, nach vorn geschafft und hier in ein untergestelltes Gefäss entleert. Der Raum, in welchem letzteres steht, ist nach vorn durch eine Thür geschlossen, während sich an der Hinterwand eine Oeffnung befindet, durch welche die schweflige Säure in einen Canal und aus diesem in die Esse gelangt. Ueber der Schnecke befindet sich ein Rost, damit gesinterte Stücke nicht in erstere fallen. Vor Beginn des Einschüttens wird der Ofen vom Roste *r* aus hinreichend glühend gemacht, worauf man die Roststäbe durch die Oeffnung *i* herauszieht und die letztere, sowie die Schüröffnungen h vermauert. Durch den mit Register *t* versehenen Canal *l a* oder durch die Räumöffnungen *b* tritt heisse oder gewöhnliche Oxydationsluft hinzu. Das Register *t* ist vom Gewölbe *D* aus zugängig. Die entwickelte schweflige Säure tritt durch den Fuchs *e* in erst gemauerte, dann aus Bleiplatten hergestellte Flugstaubkammern *B*, *g*, *C*, *E* und nach Absetzung des Flugstaubes in die Schwefelsäurekammern. Man legt auch wohl den Canal *B* geneigt und versieht denselben am Boden mit einem Schieber zum bequemeren Ablassen des Flugstaubes. Ansätze auf den Trägern *r* können durch Räumlöcher *q*, *s* und *b*, welche vorn mit einer Eisenbüchse *c*, darin ein mit Thonpfropf versehenes Loch, versehen sind, abgestossen werden. Nach den bisherigen Erfahrungen [1])

Fig. 151.



1) *B. u. h. Ztg.* 1866, S. 278, 304; 1870, S. 124; 1871, S. 183, 244.

gelingt in solchen Oefen die Röstung für Kiese sehr vollständig, weniger für blendige Erze und Blende (Freiberger blendig-kiesige Schliege enthielten nach der Röstung noch 12—13 Proc. Schwefel, bei Zinkblende, wenn der Ofen nicht beständig befeuert wird, zuweilen noch mehr wegen reichlicher Zinkvitriolbildung), es erfolgt bei dem Erforderniss von feinem Material, dessen Herstellung bei grosser Härte sehr kostspielig sein kann, viel unvollständig gerösteter Flugstaub, die Arbeit ist

Fig. 152.



höchst sorgfältig zu leiten und die Träger reissen leicht, weshalb man andere als die gewöhnlichen, grössere Festigkeit gewährende Querschnitte dafür versucht hat. Bleireichere sowie schwefelreiche Erze lassen sich wegen Sinterung auf den Trägern nicht abrösten.

Als neuere Verbesserungen und zwar zur Verminderung des Flugstaubes hat man nur einen Schlitz *b* (Fig. 153) mit zwei die Schliegzuführung vereinfachenden Fütterwalzen *a* angebracht, dann die Abführung der Gase durch 4 seitliche Oeffnungen *c* im Gewölbe des Ofens *A* vorgenommen, von welchen je 2 mit seitlichen Zügen *d* in Verbindung stehen, welche einerseits in die Flugstaubkammern, andererseits nach der Vorderseite ausmünden. Es lässt sich dabei der Flugstaub bequemer in die Flugstaubkammern oder in den Ofen krücken und es bildet sich weniger Flugstaub, indem der Abzug für die Gase weiter von dem einfallenden Staubstrom verlegt ist. *e* Vertheilungsträger. *f* Träger. Zur Erleichterung des Ausziehens des Röstgutes schliesst man die Ofensohle, in Gestalt einer Hebelklappe oder eines Schiebers beweglich, und lässt das Röstgut in einen darunter angebrachten Wagen fallen, besser aber aus dem Ofen *A* (Fig. 154) durch eine Oeffnung *e* im Boden in ein gusseisernes Gehäuse *a b c d*, in welchem eine mit Kurbel zu bewegende Schnecke das Material durch die Oeffnung *g* in den Wagen *d* schafft. *p* Abzugscanal nach dem Schornstein. Zur vollständigeren Abröstung schwer röstender Substanzen, z. B. Zinkblende, hat man behuf Hervorbringung einer höheren Temperatur eine Feuerung *B* (Fig. 154) und Rost *b* und Feuercanal *k* mit dem mit Trägern *f* versehenen Ofenschacht *A* angebracht, wo dann aber die entwickelte schweflige Säure zur Schwefelsäurefabrikation untauglich wird. *m* Schürloch. *n* Aschenfallloch. *h* und *i* Luftzuführungs- und Räumlöcher. *C* Flugstaubkammer. Zur besseren Regelung des Luftzutrittes statt früher durch die Oeffnung *a* (Fig. 151), lässt man die Luft jetzt durch die Räumöffnungen *h* eintreten (Fig. 154).

Fig. 153.



Stetefeldt's Röstofen.

Röstofen von Stetefeldt.[1]) (Fig. 155. 156.) Zur Erzielung einer grösseren Production und vollständigeren Röstung ist der Gerstenhöfer'sche Ofen der Art

1) Küstel, Roasting of Gold and Silver Ores, London. San Francisco Scientific Press 1871, Vol. 23, No. 12 u. 13. B. u. h. Ztg. 1868, S. 14, 185, 323, 347; 1870, S. 10, 155, 181, 184, 426, 447,

modificirt, dass feinster Erzstaub in einem höhern Schacht ohne Träger Feuergasen entgegenfällt. *A* Ofenschacht, unten 1.569, oben 0.941 m weit und im Ganzen 8.786 m hoch. Das Erz wird durch eine aus zwei sich über einander reibenden Sieben bestehende Füttermaschine in höchst feinvertheiltem Zustande in dem Ofenschacht herabfallen gelassen, wobei die Röstung momentan erfolgt, indem durch zwei Gasfeuerungen *D* die hinreichende Temperatur erhalten wird. *B* Ausziehöffnung. Der in den Canal *C* und von da in Kammern gelangende Flugstaub wird durch die Gasfeuerung *D* nochmals einer Rösttemperatur ausgesetzt. *F* Oeffnungen zum Ausräumen des Flugstaubes. Wegen der fehlenden Träger ist die Röstung bequemer zu leiten, als im Gerstenhöfer'schen Ofen und die Röstung erfolgt vollständiger wegen der sehr feinen Vertheilung des Erzes, der besonderen Feuerung und

Fig. 154.

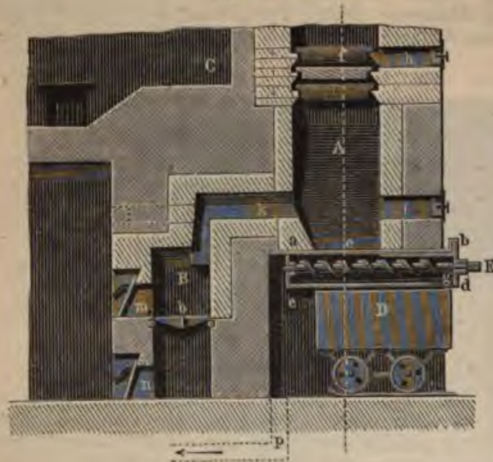


Fig. 155.

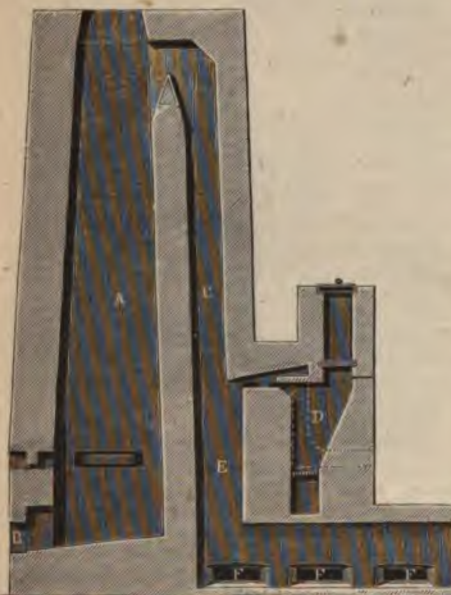
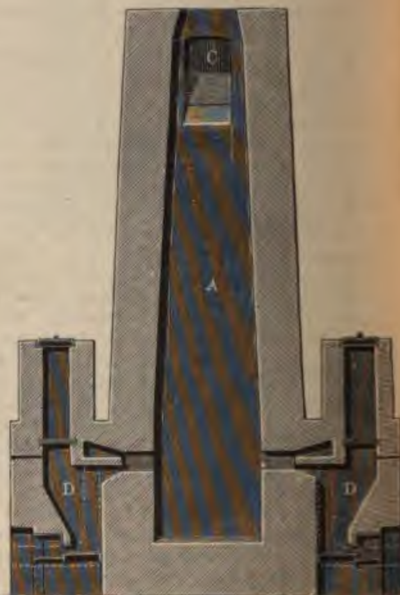


Fig. 156.



der Nachröstung des Flugstaubes, dagegen aber wird die schweflige Säure für die Schwefelsäurebereitung untauglich und die Zerkleinerung noch kostspieliger und

448; 1871, S. 42, 183; 1872, S. 25; 1873, S. 360; 1875, S. 143; 1876, S. 141. Bode, c. l., S. 40, *126.* The Stetefeldt Furnace, its results and advantages, San Francisco, Bosqui et Co. 1878.

die ganze Anlage theurer. Ursprünglich für chlorirende Röstung von für die Amalgamation bestimmten Silbererzen in Nordamerika (wohl unter Zusatz von Schwefel) mit dem besten Erfolge angewandt, eignet sich der Ofen auch für oxydirende Röstungen und sollen sich auch Zinkblende und bleiische Erze in demselben gut verarbeiten lassen. Man hat in Amerika mehrfache Modificationen dieses Ofens gemacht. So haben z. B. Garrish und Hinkle[1]) unter dem Stetefeldt'schen Röstschachtofen einen Gebläseschmelzofen angebracht, in welchen das Röstgut aus ersterem gleich hineinfällt, während andere Zuschläge seitlich zugeführt werden. Der durch eine Feuerung noch besonders geröstete Flugstaub gelangt durch einen horizontalen Canal in einen zweiten Schacht, in welchem er durch herabtröpfelndes Wasser zum Absetzen gebracht wird. — Der Ofen von Bankart[2]) hat in zwei verschiedenen Niveaus je 3 Feuerungen und an den Innenwänden Vorsprünge, welche das gerade Aufsteigen der Flamme verhindern sollen. — Akin's Ofen[3]), in dessen mit Feuerungen versehenen Schacht das Erz mittelst eines Ventilators eingeblasen wird, hat auf der Sohle, sowie in dem den Flugstaub abführenden Canal Kippherde, auf denen das Material noch weiter bei besonderer Feuerung fortröstet. Nach beendigter Röstung fallen die Erze beim Kippen der Herde in einen Raum darunter.

Ofen von Whelply und Storer.[4]) Erz und Brennmaterial werden in Staubform mittelst eines Ventilators von oben in einen glühenden Schachtofen eingeblasen. Da beide Ströme, Erzstaub und durch Verbrennung erzeugtes Gas, denselben Weg nehmen, so arbeitet dieser Ofen, der Vorläufer der vorhergehenden, unvollkommener als diese, in welchen Staub- und Gasstrom einander entgegentreten. Whelply's Ofen.

75. Graupenröstöfen. Erze u. s. w. von der Grösse einer Linse bis Bohne (Graupen) lassen sich weder in Staubstromöfen noch in Kilns und Kiesbrennern gut abrösten, weil ersteren Falls die Oxydation nicht tief genug eindringt, andernfalls das Erz sich zu dicht zusammenlegt. Für die bezeichnete Korngrösse eignen sich die Plattenöfen, welche auch Schliege verarbeiten können. Den ersten Ofen mit in Zwischenräumen unter einander angeordneten horizontalen Platten für das Erzklein in Combination mit einem Kiesbrenner für gröberes Erz construirten Perret und Ollivier.[5]) Um die Handarbeit zu beschränken, liessen v. Kerpely[6]) (1869) und Hasenclever-Helbig[7]) (1873) das Erz in einem Thurm auf im Zickzack zusammengestellten Platten herabrutschen und verbanden den Thurm mit Kiesbrennern für gröberes Erz oder liessen bei ihrer neuesten Construction letztere weg und legten zur Erhöhung der Production mehrere Systeme[8]) mit im Zickzack stehenden Platten zusammen unter Anwendung von erwärmter Luft. Da leicht sinternde Erze gern hängen bleiben und der Thurm nicht immer die erforderliche Hitze hatte, so wählten sie zur Umgehung dieses Uebelstandes statt des verticalen Thurmes mit den Zickzackplatten einen schrägen Canal[9]) mit von oben herabhängenden Scheidewänden zur Regelung der Höhe der Erzschicht und verbanden den Canal zur möglichst vollständigen Röstung zunächst mit einem Muffelofen und diesen mit einem Flammofen (Fig. 160). Derartige Oefen sind mehrfach ausgeführt, aber es ist das letzte Wort über die Vollständigkeit der darin zu erreichenden Abröstung noch nicht gesprochen und hat man bei leicht sinternden Erzen hier und dort Schwierigkeiten gehabt, weshalb man vielfach in Schwefelsäure- Anwendbarkeit.

1) San Francisco Scientific Press 1871, Vol. 22, No. 17. B. u. h. Ztg. 1871, S. 203. 2) B. u. h. Ztg. 1871, S. 315. 3) B. u. h. Ztg. 1871, S. 443. 4) B. u. h. Ztg. 1867, S. 249; 1868, S. 14; 1869, S. 130, 176; 1870, S. 102; 1874, S. 109. 5) Bode, Schwefelsäurefabrikation, S. 111. Dingl. 214, 470. B. u. h. Ztg. 1873, S. 407; 1875, S. 87. 6) B. u. h. Ztg. 1873, S. 155. 7) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1870, S. 705; 1872, S. 505, 542; Bd. 19, S. 162. B. u. h. Ztg. 1871, S. 182; 1875, S. 15, 87. Dingl. 227, 70. 8) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 20, 407. B. u. h. Ztg. 1876, S. 335; 1877, S. 303. 9) B. u. h. Ztg. 1873, S. 16.

fabriken für Feinkiese und Graupen Plattenöfen von Spence und Maletra[1]) anwendet, welche von dem Ollivier-Perret'schen Ofen darin abweichen, dass nicht gleichzeitig Stuffkies geröstet und das Erz von einer Etage auf die andere geschafft wird, während man dasselbe in ersterem Ofen auf jeder Platte fertig röstet. Nachdem das Innenmauerwerk dieser Oefen in Gluth versetzt worden, brennen die Erze von selbst darin fort. Diese Oefen sind sehr leistungsfähig, erfordern wenig Brennmaterial und gestatten eine Abröstung bis auf 1 Proc. Schwefel.

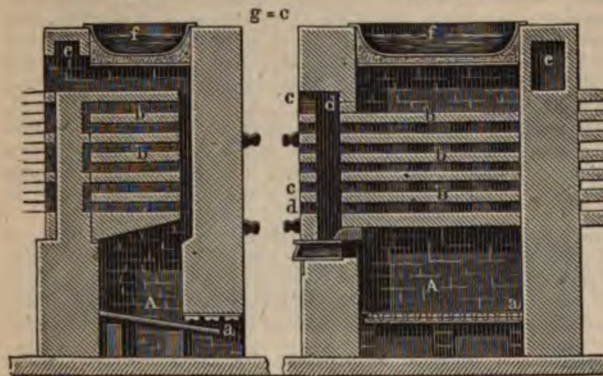


Fig. 157. Fig. 158.

Beispiele.



Fig. 159.

Plattenofen von Ollivier-Perret (Fig. 157. 158). *A* Kiesbrenner zur Aufnahme von Stückerzen auf dem Roste *a*. *b* Thonplatten. c Chargiröffnungen. *d* Schlitz zur Aufnahme der abgerösteten Erze von jeder Etage. *e* Fuchs zur Ableitung der Röstgase. *f* Bleipfanne zur Concentration von Kammersäure durch die aufsteigende heisse schweflige Säure.

Hasenclever-Helbig's älterer Thurmofen (Fig. 159). *A* Aufgebetrichter für das Erz, welches auf den Platten *a* bis *e*, dann auf *F* und *g* herabrutscht, was durch Drehen einer Walze *h* mittelst eines zeitweilig voll Wasser laufenden Rades begünstigt wird. *B* Kiesbrenner, dessen Gase über das Erz im Thurm streichend durch das Rohr *D* in die Schwefelsäurekammern ziehen.

Hasenclever-Helbig's neuerer Ofen (Fig. 160. 161). *l* Gasgenerator mit Chargiröffnung *k* und Luftzuführungscanal *n*. Die Feuergase bestreichen zunächst den Flammofen *a* mit Arbeitsöffnung *f*, umspielen die Muffel *b* und ziehen durch *e* und *c* im Canal *d* auf und durch *m* hinab zur Esse. Das durch den Trichter *i* aufgegebene Erz rutscht, durch die mit Oeffnungen versehenen Scheidewände *h* in der Dicke der Schicht geregelt und durch eine Abführwalze *g* herabgeholt, im Canal *s* herab, wird in der Muffel *b* allmählich fortgeschaufelt, gelangt durch eine Oeffnung in deren Boden in den Herd *a*, wird auf demselben der Feuerbrücke allmählich zugeschaufelt und hier ausgezogen.

1) *Dingl.* 214, 118.

Spence's und Maletra's Platten- oder Etagenofen[1]) hat die oben angegebene Einrichtung. Allhusen wendet statt der Thonplatten eiserne an und MacDougal hat bei abgeänderter Ofenform eine mechanische Rührvorrichtung. In Kunheim's Plattenofen wird von 2 Seiten chargirt und Schwelmer Kies bis auf 1.45 Proc. Schwefel abgeröstet.

Fig. 160.



Fig. 161.



Anwendbarkeit.

76. Zugschmelzöfen. Derartige Oefen, atmosphärische genannt, können unter gewissen lokalen Verhältnissen, indem sie ein Gebläse entbehrlich machen, ökonomische Vortheile gewähren, z. B. wo Wassermotoren fehlen. Damit der Bewegungswiderstand der Gase nicht zu gross wird, darf die Beschickungssäule nicht zu hoch sein und es muss über derselben der Schacht erhöht werden, damit er als Esse wirkt, oder man lässt den Schacht in eine solche verlaufen. Dieselbe kann für niedrigere Schmelztemperaturen (für oxydische Bleierze in Spanien[2]), für Kupfererze in Bouc[3]) oder im Innern Afrikas[4])) niedriger sein; es bedarf aber für stärkere Hitze einer grösseren Höhe (Cupoloöfen zum Umschmelzen des Roheisens von Zintgraff[5]) und Heaton[6])) oder man verstärkt den Zug durch einen Dampfstrahl (Woodward's Dampfcupoloofen[7])) oder einen heissen Luftstrom im Schornstein (Canham's Ofen[8])). Man hat über solchen Oefen, sowie auch wohl an Gebläseschachtöfen Funkenfänger[9]) angebracht.

Beispiel. Span. Bleiofen.

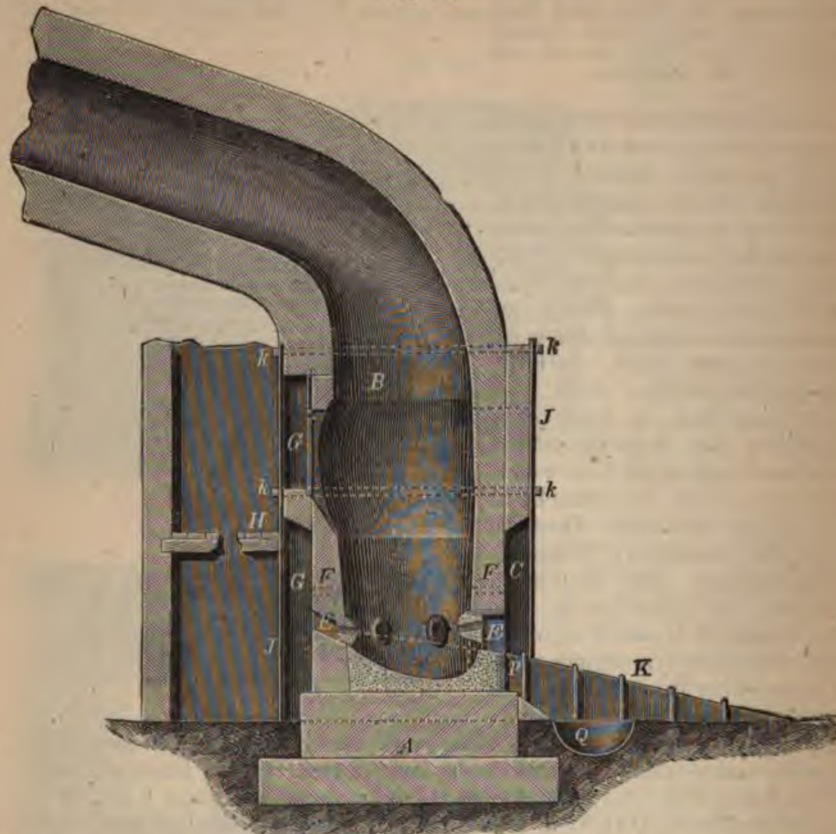
Spanischer Bleiofen oder Hornos de gran Tiro, Pavos (Fig. 162). *A* gemauertes Fundament. *B* Ofenschacht, vom tiefsten Punkte des Herdes bis zum Boden der Chargiröffnung 1.70 m hoch, Höhe der letzteren über dem Formmittel 1.30 m, Weite in der Formgegend 1.20 m, am weitesten Theil an der Chargiröffnung 1.40 m. *C* sechs viereckige Pfeiler. *E* sechs Düsen. *F* Räumöffnungen zur Entfernung von Ansätzen. *G* Chargiröffnung. *H* Beschickungsboden. *K* Schlackentrifft. *Q* Stechherd. *J* eiserne Anker. *k* Verankerungsringe. *p* Eisenplatte. Bei rascherem aber unregelmässigerem Gange und grösserer Production erfordern diese Oefen im Vergleich zu Gebläseöfen mehr Brennstoff und geben eine stärkere Metallverflüchtigung, gestatten aber unter gewissen Verhältnissen eine Ersparung an Schmelzkosten.

---

1) Dingl. 214, 470 (Kilns, Spence, Ollivier-Perret, MacDougal, Hasenclever, Gerstenhöfer, Walter). 2) B. u. h. Ztg. 1862, S. 63; 1875, S. 389. 3) Ebend. 1859, S. 242. 4) Ebend. 1862, S. 63. 5) Ebend. 1848, S. 49. 6) Ebend. 1870, S. 158. 7) Ebend. 1866, S. 44, 126; 1878, S. 22. Polyt. Centr. 1871, S. 1237. 8) B. u. h. Ztg. 1867, S. 36. 9) Oest. Ztschr. 1872, S. 398. Grothe's polyt. Ztschr. 1873, No. 7.

Heaton's Cupoloofen. **Heaton's Ofen zum Umschmelzen von Roheisen** für das Bessemern soll im Bezug auf Abbrand und Brennstoffconsum zu wünschen übrig lassen.

Fig. 162.



Zug- oder Windöfen für Tiegelschmelzungen sind mit einem Rost und einer mehr oder weniger hohen Esse versehen (Fig. 4) und können zu den Gefässöfen gerechnet werden.

II. Gebläseschachtöfen.

Wirkungsweise. **77. Allgemeines.** Da die Intensität der Wärme hauptsächlich mit von der Menge Brennmaterial abhängt, welche man in einer Zeiteinheit in einem gewissen Querschnitt verbrennt (S. 88), so ist man im Stande, in diesen Oefen durch Einleiten gewisser Mengen stark gepresster Luft die in einer solchen Einheit zu verbrennende Brennstoffmenge möglichst zu erhöhen und durch gleichzeitige Zusammenziehung des Schmelzraumes die höchsten Temperaturen zu erzielen, wie sie häufig bei Schmelzprocessen erforderlich sind. Gleichzeitig wird die Hitze bei der längeren unmittelbaren Berührung von Erz und Brennmaterial vollständiger ausgenutzt, als in Herd-, Flamm-

und Gefässöfen; aber trotzdem ist der Wärmeverlust immer noch gross genug.

Wind-wirkung.

Bei Eintritt des Windes durch die Form zwischen Erz und Brennmaterial theilt sich derselbe in einzelne Strahlen und es bilden sich bei der Verbrennung, welche erst eintritt, wenn sich der Wind hinreichend vorgewärmt hat (je heisser und stärker gepresst der Wind, desto lebhafter die Verbrennung), drei concentrische Zonen (Focus), und zwar, wie die Gasanalysen aus denselben von Ebelmen erwiesen haben, vor der Form eine oxydirende mit Ueberschuss von Luft, um dieselbe eine neutrale mit der höchsten Temperatur, in welcher eine Dissociation der Elemente stattfindet, und dahinter eine reducirende mit niedrigerer Temperatur, in welcher die Kohlensäure durch glühende Kohle in Kohlenoxyd reducirt wird. Die relative Ausdehnung dieser Zonen wechselt mit der Temperatur und Pressung des Windes, mit der Beschaffenheit und Menge des Brennmaterials u. s. w. Nach den Untersuchungen von v. Tunner dehnt sich die Verbrennung nur 0.30—0.35 m in horizontaler und verticaler Richtung von den Formen ab aus. In einiger Entfernung über letzteren ist die Kohlensäure durch die glühenden Kohlen grösstentheils zu Kohlenoxyd reducirt und zwar um so vollkommener, mit je mehr Kohle sie in Berührung kommt, daher am meisten in Gasgeneratoren, weniger im Eisenhohofen, wobei das Kohlenoxydgas theilweise wieder durch das Eisenoxyd in Kohlensäure verwandelt wird. Da im Eisenhohofen das Gewicht des Brennmaterials $^1/_3$—$^1/_2$ der übrigen Schmelzmaterialien ausmacht, bei Halbhohöfen zum Verschmelzen von Blei- und Kupfererzen nur 15—10 Proc. beträgt, so begegnet in letzteren die Kohlensäure keiner genügenden Menge von Kohlenstoff, in Folge dessen, sowie auch in Folge nicht sehr hoher Temperatur, weniger Veranlassung zur Reduction der Kohlensäure vorhanden ist. Aehnliches findet auch im Cupoloofen zum Umschmelzen des Roheisens statt. Soll nun in den Schmelzöfen nur die erzeugte Wärme zur Wirkung kommen (Zerlegung von Schwefel- und Arsenmetallen durch Eisen, Silberroharbeit, Umschmelzen des Roheisens), so empfiehlt es sich, die Reduction der ursprünglich vor der Form mit hoher Temperatur gebildeten Kohlensäure thunlichst zu verhindern (Anwendung von dichtem Brennmaterial) und letztere möglichst reichlich zu erzeugen (Anwendung von heisser, stark gepresster Gebläseluft). Soll aber gleichzeitig eine reducirende Wirkung ausgeübt werden (Verschmelzen von Eisen- und Zinnerzen, gerösteten Blei- und Kupfererzen u. s. w.), so sucht man die Bildung von Kohlenoxydgas zu begünstigen durch Einbringen von Erz und Brennmaterial in horizontalen Lagen statt in verticalen Säulen, Anwendung von poröserem Brennmaterial und kalter, schwächer gepresster Gebläseluft bei höheren Oefen. Beim Chargiren in verticalen Säulen vermindert sich die Reduction durch Setzen der Beschickung an die Hinterwand und des Brennmaterials an die Vorderwand, starke Neigung dieser beiden Ofenwände, gröbere Erzstücke und kleineres Brennmaterial u. A.

Brennstoff-veränderung.

Rohe Brennmaterialien erleiden beim Niedergang mit der Beschickung eine allmähliche Verkohlung unter Entwicklung von Gasen, welche reducirend wirken können, und unter Bindung von Wärme und kommen dann im verkohlten Zustande um so stärker vorgewärmt in den Verbrennungsraum, je geringer die Wärmecapacität der Massen.

Beschickungsveränderung.

Beim allmählichen Niedergang im Ofen entweicht zunächst hygroskopisches, dann chemisch gebundenes Wasser, dann findet bei verschiedenen Temperaturen Reduction der Oxyde [1]) (S. 33), Sulfate, Arseniate u. s. w. statt, zuletzt Schmelzung, welcher bei Eisen eine Kohlung vorangehen kann.

Hitzesteigerung.

Von allen versuchten Mitteln, die Intensität der Hitze vor den Formen zu steigern (Einblasen von Kohlenstaub [2]), Einführen eines Gemenge von Kohlenoxydgas oder von Gichtgasen und Luft, von Petroleumdampf u. A.), hat sich bislang am wirksamsten die Erhitzung der Gebläseluft bewährt. Ohne Zweifel wird die Anwendung sauerstoffreicher Luft [3]), wenn sie billig genug hergestellt werden kann, von wesentlichem Erfolg sein; von Schinz ist Stickstoffelimination [4]) vorgeschlagen.

---

1) Reducirbarkeit von Eisenerzen in B. u. h. Ztg. 1876, S. 291; 1878, S. 55. 2) Engin. and Min. Journ. New York 1876, Vol. 21, No. 17, 25; Albert's Vorrichtung zum Einblasen von Kohlenstaub in Deutsch. Patentschrift No. 682 de 1877. 3) B. u. h. Ztg. 1871, S. 132. Muspratt's techn. Chem. 5, 1509. 4) B. u. h. Ztg. 1869, S. 24.

Wärmeverwendung u. Verluste.

Die vor den Formen durch Verbrennen des Kohlenstoffs zu Kohlensäure und Kohlenoxyd erzeugte Wärme, welche von den Verbrennungsproducten aufgenommen und um so grösser ist, je mehr Kohlensäure sich bildet (S. 83), wird, wie besonders Versuche an Eisenhohöfen [1]) ergeben haben, absorbirt:

a) von den zu schmelzenden Körpern, und zwar wird die Wärmeaufnahme begünstigt durch grosse Berührung zwischen wärmeabgebenden und aufnehmenden Substanzen (zackige, unregelmässige Aussenfläche, Porosität, kleinere aber nicht pulverförmige Massen); durch grössere Zeitdauer der Berührung (hohe Oefen, langsamer Gichtengang, weiter Ofenquerschnitt); durch grosses Wärmeleitungsvermögen (je nach demselben der Zerkleinerungsgrad der Stücke); durch entgegengesetzte Bewegung von wärmeabgebenden und wärmeaufnehmenden Stoffen (Gegenstromprincip); durch geringe Wärmecapacität, bei welcher die Massen besser vorerhitzt in den Schmelzraum gelangen und leichter schmelzen (Wärmecapacität von Eisen 0.114, Stahl 0.118, Eisenoxyd 0.165, Eisenoxyduloxyd 0.168, Quarz 0.188, Feldspath 0.191, Asche von Brennmaterialien 0.200, Cokes 0.201, Holzkohlen 0.242); durch hohe Temperatur der Verbrennungsproducte, indem sich nach Dulong und Petit die Geschwindigkeit der Wärmeabgabe in höheren Temperaturen verhältnissmässig mehr steigert, als die Temperatur selbst.

b) Durch Umwandlung der Kohlensäure beim Aufsteigen in der glühenden Kohlensäule in Kohlenoxydgas (S. 84).

Es geht dabei so viel Wärme verloren, als die entstandene Menge Kohlenoxydgas durch Verbrennung zu Kohlensäure erzeugen würde, denn für gleiche Kohlenstoffmengen ist die erzeugte Wärmemenge dieselbe, mag sie gleich durch sofortige Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure oder erst zu Kohlenoxyd und dann zu Kohlensäure entstehen. Nach S. 83 erzeugt zu Kohlensäure in der Luft verbrennender Kohlenstoff eine Temperatur von 2458°, wenn zu Kohlenoxydgas 1310°, die Differenz von 1148° ergiebt die Temperaturerniedrigung. Oder es giebt nach Schinz [2]) Kohlenstoff beim Verbrennen zu Kohlensäure 8080 Wärmeeinheiten, wovon durch die Vergasung desselben 3297 W.-E. latent bleiben; bei der Verbrennung zu Kohlenoxyd 2473 W.-E., wovon ebenfalls 3297 W.-E. latent bleiben. Da nun durch die Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxydgas ebenso viel W.-E. verloren gehen, als die Differenz zwischen dieser und der Wärmemenge beträgt, welche beim Verbrennen des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd entwickelt wird, so werden (8080—2473) — 2473 = 3134 W.-E. gebunden. Aus angeführten Gründen (S. 84) geben Cokes höhere Temperaturen als Holzkohlen.

c) Durch Bindung von Wärme abseiten der Schmelzproducte, je nach deren latenter Wärme verschieden.

Nach Schinz kommen z. B. beim Eisenhohofenbetrieb nachstehende Zahlen für latente Wärmen in Rechnung: graues Roheisen 175 W.-E., weisses 139 W.-E., Hohofenschlacken 46 W.-E. Nach Boulanger und Dulait [3]) wird Wärme von Roheisen und Schlacken in dem Verhältniss von 1 : 1.4 absorbirt, woraus hervor-

1) Kerl, Grundr. d. Eisenhüttenkunde, S. 187, 196. v. Tunner in Oesterr. Jahrb. 9, 281; 10, 491; 11, 300 (B. u. h. Ztg. 1860, S. 207, 418; 1861, S. 315; 1862, S. 320). Rinmann und Fernqvist in B. u. h. Ztg. 1865, S. 257. Schinz, Documente, betr. den Hohofen, Berlin 1868. Bell- v. Tunner, Entwicklung und Verwendung der Wärme in Eisenhohöfen. Leipzig 1871. Akermann, v. Tunner, Studien über die Wärmeverhältnisse des Eisenhohofenprocesses, Leipzig 1872. Dürre in Dingl. 220, 247. Gruner, études sur les hauts-fourneaux, Paris 1873 (B. u. h. Ztg. 1873, S. 162). Kupelwieser und Schöffel, Beitr. z. Studium des Hohofenprocesses, Wien 1873 (B. u. h. Ztg. 1873, S. 161, 339). Bell in Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 20, 423. Lürmann ebend. 20, 375. Kärnthn. Ztschr. 1876, No. 9—12 (Raschetteöfen). B. u. h. Ztg. 1876, S. 239. Gruner-Kupelwieser, Abh. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 483. Ledebur, die Oefen u. s. w., S. 18. 2) Schinz, Documente betr. den Eisenhohofen, 1868. Ergänzungen dazu in Dingl. 201, 202. 3) B. u. h. Ztg. 1862, S. 390. Preuss. Ztschr. 11, 304.

geht, dass die nach oben gelangende Wärme um so geringer ist, je mehr Schlacke erfolgt. Nach Gruner[1]) nehmen graue Roheisensorten beim Austritt aus dem Ofen 280—285, weisse 260—265 und die entsprechenden Schlacken 500 und 450 Calorien mit weg. Die latente Wärme von grauem Roheisen beträgt 23, von weissem 32—34, von Schlacken etwa 50 Calorien. Bei Zugrundelegung der niedrigeren Schmelzpunkte von Pouillet verlassen den Hohofen graue Roheisensorten mit 1350—1450°, weisse mit 1250—1300° C.

d) Durch chemische Veränderung der Schmelzmaterialien. Diese kann z. B. beim Eisenhohofenbetrieb bestehen:

α) In einer Reduction des Eisenerzes oder anderer sauerstoffhaltiger Substanzen (Kohlensäure, Phosphorsäure, Manganoxyde u. s. w.).

Bei der Reduction dieser Stoffe durch Kohlenoxydgas wird im Wesentlichen weder Wärme absorbirt noch entwickelt (nach Schinz werden 33642 W.-E. entwickelt und 32972 W.-E. wieder absorbirt); bei der Reduction durch festen Kohlenstoff aber (z. B. der Eisensilicate, Eisenfrischschlacken, bei Ueberführung des Rohganges in Gaargang, wo die entstandenen eisenoxydulreichen Schlacken reducirt werden müssen) wird viel Wärme gebunden (nach Schinz werden für jedes Aequivalent Sauerstoff 14838 W.-E. entwickelt und durch Reduction 32972 W.-E. verbraucht, also 18134 W.-E. verloren).

Vor der Form verbrennendes Eisen[2]), Mangan und Silicium erzeugen Wärme; nach Jordan[3]) entwickelt 1 Gewichtseinheit Silicium beim Verbrennen zu Kieselsäure 6382.4 W.-E., ein Gew. Eisen oder Mangan beim Verbrennen zu Oxydul 1268 W.-E., für den Bessemerprocess wichtige Thatsachen.

β) In der Reduction der Kohlensäure, welche sich bei der Desoxydation der Erze u. s. w. gebildet hat, durch festen Kohlenstoff zu Kohlenoxyd.

Nach Schinz werden 5607 W.-E. durch Reduction verbraucht, 2473 W.-E. durch Verbrennung zu Kohlenoxydgas erzeugt, also 3134 W.-E. gehen verloren.

γ) In der Zersetzung des Wasserdampfes der Gebläseluft durch Kohle (S. 19).

9 Gwthle. Wasserdampf erfordern zur Zerlegung 34462 W.-E und geben durch Kohlenoxydgasbildung 14838 W.-E., so dass 19624 W.-E verloren gehen.

δ) In der Verkohlung roher Brennmaterialien.

Diese absorbiren beim Verkohlen um so mehr Wärme, je gasreicher sie sind, geben aber an brennbaren Bestandtheilen reichere Gichtgase. Der dadurch erzeugte Wärmeaufwand im Ofen vergrössert sich bei Vermehrung der Brennmaterialmenge und man kann dem Wärmeverlust beim Eisenhohofenbetriebe z. B. nur durch Anwendung gerösteter Erze und gebrannten Kalkes, sowie durch Erhöhung der Production, also weiter Ofengestelle und hinreichender Windmenge entgegenwirken. Je mehr Gase sich aus dem Brennmaterial (auch aus Zuschlägen und Erz) entwickeln, desto weiter muss die Gicht behufs Erzielung einer gleichmässigen Geschwindigkeit und Spannung der Gase sein (daher bei rohen Brennstoffen weitere Gichten, als bei verkohlten). Bei der im Hohofen stattfindenden sehr langsamen Verkohlung roher Brennstoffe steigt das Kohlenausbringen und die Kohle wird dichter und schwerer verbrennlich, als wenn sie besonders verkohlt worden. Durch starkes Schwinden (Holz, Torf), Aufblähen (Backkohlen), Entstehung zerbröckelnder Kohle (Kohlen aus Torf, Braunkohlen), Vermehrung der Metallverflüchtigung (z. B. von Blei bei Anwendung von Holz oder Steinkohlen) können grosse Störungen im Ofengange herbeigeführt werden, weshalb man rohe Brennmaterialien meist nur bis zu einer gewissen Maximalgrenze (Holz) oder bei bestimmter Beschaffenheit (magere, wenig Gase entwickelnde Steinkohlen beim Eisenhohofenbetrieb, in Tarnowitzer Bleiöfen früher, keine Backkohlen) verwenden darf. Nach Erbreich beträgt die

1) B. u. h. Ztg. 1874, S. 115. 2) Kerl, Met. 3, 294. 3) Revue univers. 27, 360. Oest. Ztschr. 1870, No. 17.

zur Austreibung jeder Gewichtseinheit Steinkohlengas aus rohen Steinkohlen nöthige Wärme 2514 W.-E. Man hat neuerdings Eisenhohöfen construirt, in deren oberem Theil die Vercokung roher Brennstoffe durch die Gichtflamme geschieht (Oefen von Ferrie[1]) und Brown[2]).

ε) In der Austreibung von Kohlensäure und Wasser aus den Zuschlägen und Erzen, sowie von hygroskopischem Wasser.

Nach Schinz beträgt die zur Trennung der Kohlensäure vom Kalke erforderliche Wärme oder die Verbindungswärme beider 263 und 251 W.-E. für die Gewichtseinheit Kohlensäure. Latente Wärme des Wasserdampfes 536.7 W.-E. Es empfiehlt sich danach die Anwendung gerösteter Erze und gebrannten Kalkes[3]); im Gegensatz zu rohen Brennstoffen lässt sich die durch Anwendung roher Erze und Zuschläge bewirkte Abkühlung durch Vermehrung der Brennstoffmenge ausgleichen.

e) Von den Ofenwänden, namentlich vom Gestell und zwar um so weniger, je mehr sich dasselbe dem Kreise nähert und je grösser der Durchmesser.

Nach Jüngst zeigte die Aussenwand eines 0.8 m starken freistehenden Eisenhohofengestelles in der Formhöhe 84°, 0.8 m darüber 120° und 1 m darüber 112°, ferner 0.32 m unter der Gichtmündung am freistehenden Schacht 21° C. Nach Philippart absorbirte das Kühlwasser einer Düse in 24 Stunden etwa 1,500,000 Calorien, entsprechend einem Verbrauche von 500 kg Cokes im Ofen.

f) Durch Dissociation der Verbrennungsproducte (S. 71, 85), deren in Folge hoher Temperatur zerfallene Bestandtheile sich nach einer gewissen Abkühlung wieder verbinden und von Neuem Wärme erzeugen.

g) Durch Expansion der Gebläseluft[4]) von der derselben beim Passiren der Düsenmündung gegebenen Spannung und Dichtigkeit zu derjenigen, welche die Pressung der austretenden Gase reducirt.

h) Durch die Gichtgase, welche bei einem variablen Gehalt an Kohlenoxyd zur Wärmeausnutzung noch anderweitig zu verwenden sind, insofern man zur Verminderung des Verlustes daran deren Wärme dem Ofen nicht wieder zuführt (S. 166).

Nach Bunsen[5]) gehen in Eisenhohöfen durch Kohlenoxydgasbildung 49.55 Proc. und sonst noch 25.4 Proc. Wärme verloren, in Kupferschieferöfen resp. 41.2 und 8.8 Proc. Von den Wärmeverlusten in den Apparaten zum Umschmelzen des Roheisens war bereits (S. 81) die Rede.

Schinz[6]) hat Formeln und Werthe der Factoren mitgetheilt, welche bei der analytischen und synthetischen Berechnung des Eisenhohofenbetriebes vorkommen: unter anderen die spec. Wärme der Gase, Brennstoffe und Schmelzmaterialien, die Gewichte von 1 cbm der Gase, auf den Gebläsewind bezügliche Daten u. A.

Ofenvolum und Brennstoffverbrauch.

Die entwickelte Wärme beim Verbrennen eines gegebenen Brennmaterials ist seinem Gewichte proportional, während die Temperatur in der Verbrennungszone von dem Verhältniss ihres Volumens und dem Gewichte des per Stunde verbrannten Brennmaterials abhängt, welches Verhältniss um so kleiner ist, je niedriger die Temperatur, welche man nur durch Erfahrung für jeden einzelnen Fall ermitteln kann. In der nachstehenden Tabelle hat Gruner[7]) die wichtigsten Elemente zur Erkennung dieses Verhältnisses bei verschiedenen Oefen zusammengestellt:

1) Dingl. 201, 108. B. u. h. Ztg. 1871, S. 390. 2) Dingl. 201, 114. B. u. h. Ztg. 1871, S. 340. 3) B. u. h. Ztg. 1851, S. 201; 1853, S. 377, 745; 1862, S. 413. 4) Berggeist 1870, *No. 55.* 5) Pogg. Ann. 46, 193. 6) Dingl. 202, 43. 7) Gruner-Kupelwieser, *Abhandl. über Metallurgie* 1877, Bd. 1, S. 230.

Oefen.	Ofen-volum = V. cbm. 1.	Volum der Verbrennungszone = v. cbm. 2.	Brennstoffverbrauch per Stunde = a. Metr. Ctnr. 3.	$\frac{V}{a}$. 4.	$\frac{v}{a}$. 5.	$\frac{a}{v}$. 6.	Bemerkungen.
röstofen v. Süd- —7 m hoch.	60	9	0.42	140	21.6	0.047	10 Ton. Spatheisenstein in 24 St. mit 8 Thl. Holzkohle auf 100 Thle. Erz.
n zu Ayresome and, 10 m hoch.	227	40	2.00	113.5	20.0	0.030	115 Ton. Carbonate in 24St. mit 4 Steinkohle auf 100 Erz.
nischer Bleiofen ibaud in St. Bi- Vaast. (Fig. 165.)	1.5	0.75	0.42	3.6	1.8	0.560	Geringer Cokesverbrauch, da man auch Eisen verbrennt.
it. Bleiofen zu , 4 m hoch.	4.50	1.05	0.67	6.75	1.57	0.638	Schmelzen geröst. quarz. Erze mit Cokes u. eisenh. Schlacken.
teofen zu Alte- Harz, 6 m hoch. 1.)	14	2	1.29	11	1.50	0.645	Schmelzen roher quarz. Bleiglanze mit Cokes und eisenh. Schlacken.
r Ofen in Frei- hoch. (Fig. 176.)	10.40	1.65	1.50	7	1.10	0.909	Schmelzen geröst. Bleierze mit Cokes u. eisenreichem Steinrost.
rischer Ofen v. 5 m hoch. (Fig.	3.30	1.0	0.917	3.60	1.09	0.917	Schmelzen gerösteter Bleierze mit Cokes und oxyd. eisenh. Zuschlägen.
rzschmelzofen zu erg, 6.5 m hoch. 1.)	7.75	1.0	1.125	6.9	0.90	1.125	Schmelzen geröst. Kiese in 24 St. 12 Ton.
fen von 2.5 m	2.00	0.75	1.00	2.0	0.75	1.333	Schmelzen von 1000 kg in 1 St. mit 10 % Cokes.
Cupoloofen, bei rmen verengt, och. (Fig. 197.)	2.60	0.52	1.50	1.75	0.35	2.885	Schmelzen von 2500 kg Roheisen in 1 St. mit 6 % Cokes.
lenofen v. Trei- Kärnthen, 11 m	35.0	1.25	5.16	7.0	0.24	4.124	Production 13—14 Ton., Spatheisenst. mit kaltem Wind auf Weisseisen.
ohlenofen von mmer, 8.65 m	15.0	0.25	1.71	8.8	0.15	6.840	Graueisen aus Sumpferzen mit heissem Wind. 4 Ton. Prod.
hlenofen v. Il- 10 m hoch.	21.0	0.28	1.375	14.4	0.20	4.911	Dichte Erze mit heissem Wind auf Graueisen. 3.5 Ton. Prod.
lenofen zu Rothe- Harz, 9.5 m hoch.	32.0	0.35	2.08	15.3	0.17	5.943	Desgl. 5 Ton. Prod.
n zu Ystalifera, racit, 12 m hoch.	80	1.50	7.29	11.0	0.20	4.86	GrauesPuddeleis. m. heissem Wind, Prod. 11 Ton.
ischer Hohofen, gflammig. Kohle n, 19 m hoch.	200	4.50	Steinkohle 25.72 auf Cokes 15.42	13.0	0.29	3.43	Sehr tiefgraues Roheis., heisser Wind, Prod. 26 Ton.
en von Dowlais zflammig. Kohle, ch.	235	3.50	Steinkohle 37.50 auf Cokes 27.08	8.7	0.17	6.02	Aus Frischschlacken weisses Roheisen, heisser Wind.
Hohofen v. Bol- . Vaughan in d, 29 m hoch.	936	4.56	24.37	30.00	0.187	5.34	Graues Roheisen. Prod. 50 Ton.

Die Columnen 5 und 6 sind die wichtigsten, indem sie den Massstab für die in der Verbrennungszone entwickelte Temperatur geben, vorausgesetzt, dass die Verbrennungsluft gleich erwärmt und die relativen Mengen zwischen Kohlenoxyd und Kohlensäure in allen Fällen die gleichen sind. Die Temperatur der Verbrennungszone wächst mit dem Werthe der letzten Columne. Es geht aus der Tabelle u. A. hervor, dass die Röstöfen a und b 4—5 kg Steinkohlen per Stunde und cbm brauchen, um Eisenerze zu rösten, während die Bleiöfen c—g 50—60 kg Cokes erfordern, der Kupferofen *h* und die Cupoloöfen 100—300 kg; die Eisenhohöfen brauchen mindestens mehr als 200 kg, bei leichtschmelzigen Erzen 350—420 kg, am häufigsten braucht man 500—600 kg, bei raschem Gang des Ofens im Verhältniss zum Volum selbst 700 kg und bei einigen alten auf sehr graues Roheisen mit kaltem Wind gehenden Oefen mehr als 750 kg. Trotz des sehr verschiedenen Volums der Oefen von 15—756 cbm bei 2.5—60 Ton. Tageserzeugung ist die Differenz im Brennstoffverbrauch nicht grösser, als vom Einfachen zum Doppelten (350—700 kg) bei warmem Wind, welche kleine Abweichung ihre Erklärung noch in der ungleichen Schmelzbarkeit der Erze und in der Verschiedenheit des erzeugten Roheisens findet.

Nach einer noch anderweitigen Mittheilung von Gruner [1]) verwerthen niedrige Cupoloöfen mit schwacher Production 18—20 Proc., neuere Cupoloöfen mit hohem Schacht und die neueren Freiberger Pilzöfen 50 Proc., Eisenhohöfen je nach dem Gange 70—80 Proc. der ihnen zugeführten Wärme, d. h. 34—50 Proc. der aus den Cokes erzielten Wärmemenge.

[Br]ennma[t]erial. Als Brennmaterialien wendet man meistens verkohlte oder kohlenstoffreiche rohe (Anthracit, anthracitische Steinkohle) an, weil kohlenstoffärmere rohe (Holz, Torf) beim Verkohlen im Ofen selbst viel Wärme binden, diesen abkühlen und durch Volumveränderungen (Schwinden, Aufblähen) Unregelmässigkeiten im Ofengange herbeiführen (S. 241).

In Tarnowitz bei der Bleiarbeit früher angewandte magere, zum Vercoken wenig geeignete Steinkohlen begünstigten die Bleiverflüchtigung und wurden dann mit Vortheil durch Cokes ersetzt, nachdem man gelernt hatte, auch magere Steinkohlen zu vercoken. Desgleichen wurde bei der Oberharzer Bleiarbeit bei Mitanwendung von Holz unter Entstehung heller Gichten die Bleiverflüchtigung begünstigt. In Rhonitz [2]) wendet man beim Hohofenbetrieb nur Holz an, nur da zu empfehlen, wo dasselbe gleich bei der Hütte zu haben ist; Theerbildung daraus bewirkt Uebelstände. Dass Cokes höhere Temperaturen geben und weniger Kohlenoxyd bilden (S. 84) als Holzkohlen, ist bereits erwähnt.

Gasförmige Brennmaterialien, durch die Formen mit Wind in den Ofen (Eisenhohofen, Cupoloofen) geleitet, haben nicht immer den gehofften Erfolg gegeben, indem wohl die Reduction unterstützt wurde, aber die Temperatur sank (Steiermark) [3]) und bei Mangel an festem Brennmaterial keine genügende Kohlung des Eisens erfolgte.

Reiser [4]) hat empfohlen, die Eisenerze mit weniger Brennmaterial zu mengen und in die oberen Regionen möglichst stark erhitzte brennbare Gase mit Luft einzuleiten, und in Nordamerika hat man natürliche Kohlenwasserstoffgase [5]), sowie auch Petroleumdämpfe [6]) in Hohöfen eingeführt.

[G]icht-[ver]schluss. Die Gicht der Oefen ist entweder offen und werden dann die Gase meist durch eine weite Esse (Gichtmantel) abgeleitet, oder dieselbe ist durch einen beweglichen Deckel, Conus u. s. w. geschlossen, wenn die brennbaren Gase aufgefangen und benutzt oder Dämpfe in Condensationskammern geführt werden sollen.

1) Ann. d. min. 1875, p. 182. 2) v. Kerpely, Eisenhüttenwesen in Ungarn, S. 189. 3) Kerl, Met. 3, 204. Oest. Jahrb. 9, 317. Oest. Ztschr. 1874, S. 352. B. u. h. Ztg. 1868, S. 188. 4) Oest. Ztschr. 1874, S. 352. Oest. Jahrb. 22, 419. 5) Berggeist 1876, No. 41. 6) B. u. h. Ztg. 1871, S. 203; 1873, S. 239; 1876, S. 69.

Schattenseiten der Schachtöfen.

Als Uebelstände beim Schachtofenbetrieb sind zu bezeichen: ein dunkler, unübersichtlicher Betrieb, grosser Wärmeverlust urch Gasbildung, Nothwendigkeit einer kostspieligen Gebläsevorrichung und meist verkohlten Brennmaterials, sowie zuweilen schädliche inwirkung der Asche des letzteren auf das Schmelzproduct.

Wesentliche Momente beim Schachtofenbetrieb.

Bei den Gebläseschachtöfen (es sollen besonders die Metallüttenöfen in Betracht gezogen werden, da das Nähere über Eisenohöfen in Kerl's Grundriss der Eisenhüttenkunde, S. 99 mitetheilt ist) kommen besonders in Rücksicht:

78. Gestalt der Oefen. Sowohl die innere als auch die äussere estalt können variiren.

Innengestalt.

1) Innere Gestalt und Weite. Erstere, je nach Lokalewohnheiten bald von der einfachsten, bald von der complicirtesten orm, übt einen wesentlichen Einfluss auf Brennmaterialverbrauch, usbringen, Qualität der Producte und Durchsetzquantum, ähnlich ie bei Zugschachtöfen (S. 223).

Prismat. Querschn.

a) Oefen mit prismatischem Querschnitt und geraden Vänden (Fig. 163) sind noch zuweilen, namentlich bei geringer Höhe, n Anwendung (Stolberg, alte Unterharzer Blei- und Kupferöfen, Jngarische Hütten u. s. w.) wegen einfacher und billiger Hertellung, indem keine besonders geformten Steine erforderlich sind, ie zu runden oder elliptischen Oefen. Durch die lockere Lage der lasse an den geraden Wänden wird das Entweichen von Metalldämpfen nd heissen Gasen begünstigt. Neuerdings wendet man auch Oefen nit cylindrischem Querschnitt, an welchem sich die Formen leichmässig vertheilen lassen, mit Vortheil an [1]) (neuere Pilz'sche efen in Freiberg (Fig. 176), Castilianische Oefen in Pontgiaud (Fig. 165), Pise (Fig. 179), Biache-St.-Vaast u. s. w.).

Fig. 163.



Fig. 164.



Beispiele.

Einen Ofen (Sumpfofen) mit prismatischem Querschnitt (Oberharzer Bleiteinschmelzofen), an welchem aber die Hinterwand etwas geneigt ist, zeigen

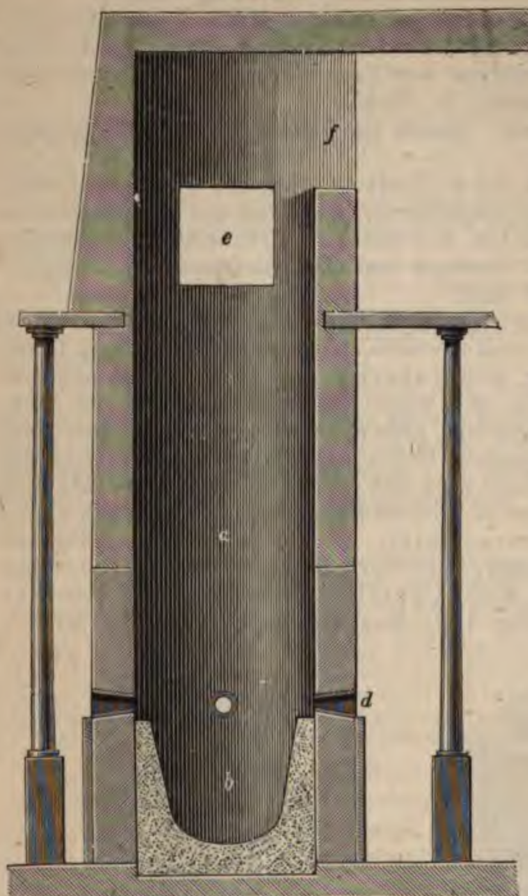
1) B. u. h. Ztg. 1869, S. 175.

Fig. 163. 164. *a* Fundament. *b* Sohlstein. *c* Lehmsohle. *d* Gestübbesohle. *v* Vorherd. *s* Stechherd. *i* Chargiröffnung. *h* Abrutschfläche. *m* Feuchtigkeitsabzüge.

Fig. 165. 166. Castilianischer Ofen. *a* Ofenschacht. *b* Herd mit Stichcanal. *c* Schlackenauge. *d* Formen. *e* Chargiröffnung. *f* Rauchfang.

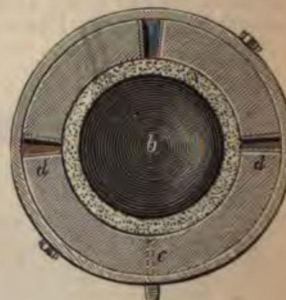
Verengerung nach oben.

Fig. 165.



b) Oefen mit Verengerung nach oben. Die natürlichste und auch häufig angewandte innere Schachtgestalt ist die Tonnenform. Durch die Erweiterung des Schachtes von den Formen ab erhalten sowohl die aufsteigenden Gase, als auch die herabrücken-den Schmelzmaterialien geringere Geschwindigkeit und in Folge dessen findet die Einwirkung beider auf einander vollständiger statt. Durch die Verengerung des Schachtes nach oben wird dann zwar die Wärme

Fig. 166.



durch vollständigeres Eindringen der aufsteigenden Gase in die Schmelzsäule einerseits besser und gleichmässiger ausgenutzt, aber andererseits auch die Geschwindigkeit der ausziehenden Gase beschleunigt, dadurch Wärmeverlust und vermehrte Flugstaubbildung herbeigeführt. Pulverförmige Substanzen erhalten zwar, indem sie sich beim Niedergehen im Ofen immer mehr ausbreiten, eine erwünschte Auflockerung, aber es tritt auch leicht ein Kippen der Erz- und Brennmaterialschichten und ein Voreilen der Erze ein. Je nachdem der Schmelzraum nach unten hin enger oder weiter ist, findet in Folge der davon abhängigen Temperatur ein mehr oder weniger vollständiges Ausschmelzen der Massen statt.

Vogl'sche Construction.

Das Extrem einer solchen Construction ist die Vogl'sche Construction für Bleiöfen [1]) mit weitem Gestell (damit das Ofengemäuer mehr geschont wird und bei der grossen Tiefe des Ofens die Schmelzproducte einen längeren Weg bis zum Abfluss machen und sich dabei besser separiren), dann jäh ansteigender Vorderwand, an welcher die aufsteigenden Dämpfe zurückprallen, und Zusammenziehung des Ofens nach oben in einen engen Schlauch, in welchem sich Dämpfe und Flugstaub verdichten sollen. Dieser Construction nähern sich viele ältere Bleiöfen (Joachimsthal, Freiberg, Fig. 193, Ems, Oberharz, Fig. 167, u. s. w), jedoch bei weniger jäh ansteigender Vorderwand.

Fig. 167. 168. Aelterer Oberharzer Bleihohofen. *s* Sohlstein, darüber Lehmsohle *x* und Gestübbesohle *g*. *v* Vorherd. *n* Stich. *o* Stechherd. *r* Räumöffnung. *q* Rauchmantel. *i* Chargiröffnung. *c* Flammloch. *t* Flugstaubkammern. *e* Schornstein. Ganze Höhe 5.6—6.9 m., Weite an der Form- und Vorwand resp. 0.627 und 0.523 m., Tiefe unten 1.098 m.

Fig. 167.

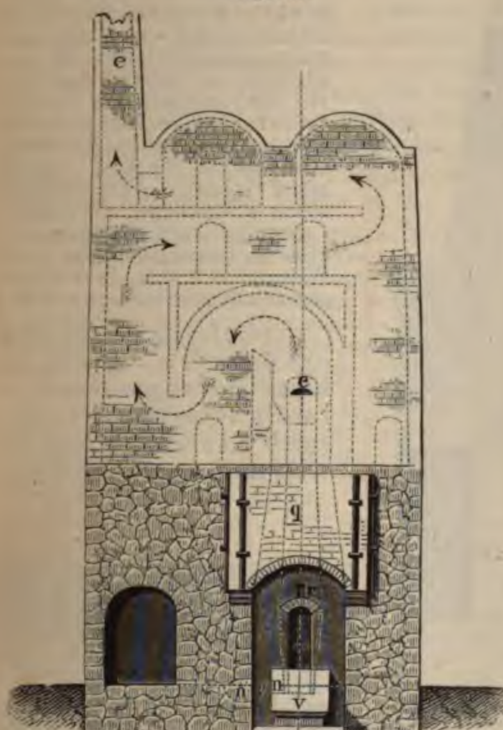


Fig. 168.



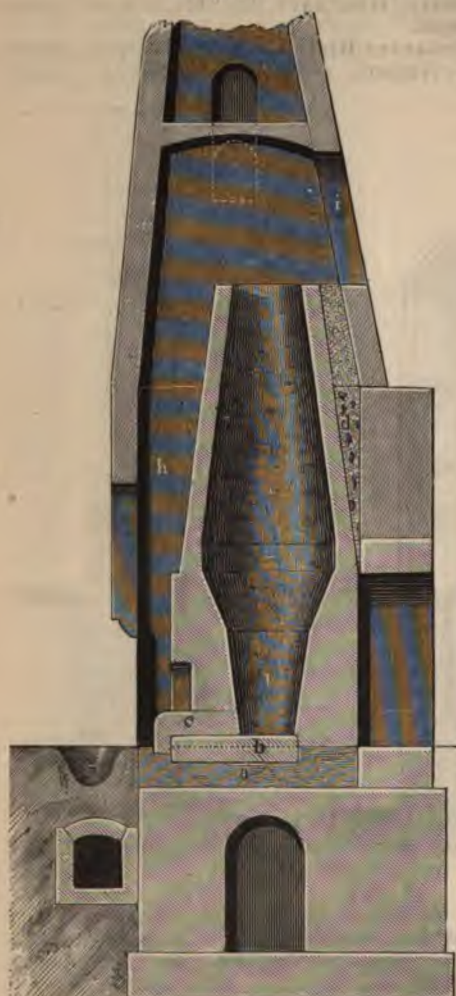
Schattenseiten.

Es weicht jedoch diese Construction immer mehr der sub c angeführten, indem der weitere, minder hohe Temperaturen zulassende Schmelzraum eine weniger vollständige Metallausscheidung (z. B. bleireichere Schlacken und Steine) veranlasst, die starke Verengerung des Schachtes nach oben aber die Geschwindigkeit der Gase erhöht und bei reichlicher Ofenbruchbildung leicht Unregelmässigkeiten im Ofengange herbeiführt. Gegen das Wegfressen sucht man die unteren, stärker zusammengezogenen Ofentheile durch Kühlung und Wasserformen zu schützen (S. 202). Die Weite des Ofens im Formniveau bildet einen wesentlichen Factor für das Durchsetzquantum.

1) B. u. h. Ztg. 1855, S. 1, 243.

Bei zu weiten runden Gestellen bleibt in der Mitte ein kalter Kern; man ersetzt dann wohl den runden Querschnitt durch einen rechteckigen und legt, wenn derselbe schmal ist (von 0.5—0.7 m Breite) eine Reihe paralleler Formen an eine Langseite des Rechteckes (Kupferöfen von Atvidaberg [Fig. 191], neueste Bleiöfen von Stolberg und Mechernich), bei noch stärkerer Production lässt sich eine mehr oder weniger grosse Anzahl Formen an zwei gegenüber stehende lange Wände legen, am besten dann wechselständig (Raschetteöfen Fig. 171).

Fig. 169.

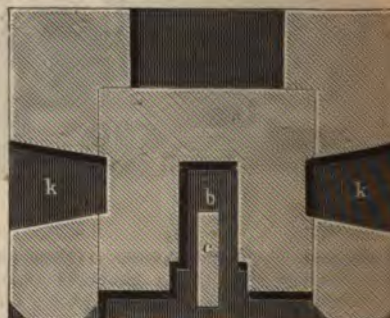


Bei sehr strengflüssigen Geschicken kommt auch beim Metallhüttenbetriebe eine den Eisenhohöfen ähnliche Construction mit nach oben und unten zusammengezogenem Schachte vor, z. B. früher allgemein im Mansfeldschen (Fig. 169. 170.) Mansfelder Kupferschieferschmelzofen (Grossofen). *a* Lehmsohle. *b* Sohlstein. *c* Augenstein. *d* Schutt. *e* abgelagerter Flugstaub. *f* Flugstaubkammern. *g* Herdtiegel. *h* Rauchfang. *i* Chargiröffnung. *k* Formgewölbe. *l* Gestell. Ganze Höhe 5.65—6.28 m, Weite oben 0.94 m, in der Formgegend 0.94 m, im Kohlensack 1.84 m.

Erweiterung nach oben.

c) Oefen mit nach oben erweitertem Schacht. Einen derartigen Ofen von rundem Querschnitt empfahl zuerst Truran [1]) behufs besserer Ausnutzung der Wärme

Fig. 170.



Aeltere Constructionen.

zum Eisenerzschmelzen. Alger [2]) wendete zu gleichem Zwecke und zur Vergrösserung der Production einen Ofen mit elliptischem Querschnitt und einer Reihe sich einander gegenüber stehender Formen in den beiden langen Ofenwänden an, ohne jedoch den Ofen nach oben

1) B. u. h. Ztg. 1857, S. 6. 2) B. u. h. Ztg. 1859, S. 156; 1860, S. 143, 216; 1870, S. 81.

Raschette-ofen.

zu erweitern. Auch Abt[1]) empfahl eine elliptische Ofenform. Raschette[2]) gab dem Ofen den einfacheren Querschnitt eines schmalen Rechteckes, legte auf jede der beiden langen Seiten eine grössere Anzahl Formen wechselständig einander gegenüber (eine wesentliche Verbesserung gegen den Alger'schen Ofen) und brachte unter dem Sohlstein eine mit den Zügen im Rauhgemäuer in Verbindung stehende Feuerung an, um mit dem Aufbau des Ofens nicht an die Jahreszeit gebunden zu sein. Diese Construction gestattet, weil der Wind gleichmässig über einen grossen Querschnitt im Schmelzraume vertheilt ist, eine grosse Production und vollkommenere Verbrennung, sowie überhaupt die hierher gehörigen Oefen mit erweiterter Gicht und zusammengezogenem Schmelzraum noch nachstehende Vortheile gewähren: vollständigere Metallausscheidung bei der höhern Temperatur im Gestell, Verminderung der Geschwindigkeit der ausziehenden Gase, somit längere Wirkung derselben im Ofen und vollständigere Ausnutzung der Wärme, Verminderung des Flugstaubes, schwierigere Bildung von Ofenbrüchen, welche von der herabrutschenden Beschickung weggerieben werden u. A.

Ursprünglich für alle Erze (daher Universalofen) bestimmt, ist die Raschette'sche Construction für Eisenerze im Ural[3]), nicht aber in Deutschland[4]) namentlich in Mühlheim (besser bei Fröhlich's Construction[5])) bewährt gefunden, aber mit mehr oder weniger günstigem Erfolge hinsichtlich der Grösse der Production, des langsameren Ausziehens der Gase, der Verminderung der Ofenbruchbildung und von Flugstaub und bei passendem Gestellquerschnitt des vollkommeneren Ausschmelzens u. s. w. mehrfach beim Verhütten der Bleierze (Oberharz[6]), Ems[7]) und Kupfererze (Ural[8]), Saalfeld[9]), Mansfeld[10]), Elbuferkupferwerk[11]), Fahlun[12]), Mühlbach[13]) u. A. in Anwendung gekommen. Für Eisenerze, welche zur Vorbereitung eine höhere Temperatur erfordern, ist die Ofenform weniger günstig und nur für Erze anwendbar, welche einer solchen nicht bedürfen (gerösteter Spatheisenstein, lockerer Magneteisenstein) und dann bei erhöhtem Ofen. Die neuen Raschette-Skinder'schen Kupferöfen[14]) am Ural (Fig. 173) sind bei elliptischem Querschnitt nach oben etwas zusammengezogen.

Beispiele.

Der Oberharzer Raschetteofen hat nachstehende Einrichtung (Fig. 171. 172): *A* Ofenschacht, 6.276 m hoch, 2.301 m lang, oben 1.491 und unten 0.941 m breit. *a* und *b* Canäle im Sohlstein *c*, welcher 0.628 m dick, 0.131 m Ansteigen hat und mit einer Thonschiefer- und Gestübbesohle überkleidet ist. *d* Vorherde, 1.569 m lang, durch Herdbleche gebildet und mit Gestübbe, darin die Verlängerung des Ofensumpfes, versehen. *e* Vorwand 0.628 m breit. *f* fünf Formen an jeder Seite, wechselständig mit 0.131 m Ansteigen und terrassenförmig nach der Mitte zu über einander liegend. Höhe der einzelnen Formen über dem Herdblech: 379, 418, 451, 432 und 412 mm. Neuerdings hat man auch in jede der schmalen Seiten eine Form gelegt. Mittel zwischen 2 Formen 418 mm. *i* Rauchcanal zwischen Rauchmantel *h* und Schachtgemäuer *t* zur Abführung des Rauches aus dem Herd. Die Wasserformen entlassen ihr erwärmtes Wasser in Kühlkästen unterhalb der Formen an den langen Ofenseiten.

Der Umstand, dass das Abfliessen der geschmolzenen Massen nach beiden Seiten der Sohle hin bei Ansätzen darauf u. s. w. nicht immer gleichmässig war,

1) B. u. h. Ztg. 1860, S. 104. 2) Ebend. 1862, S. 392; 1863, S. 156, 309, 426; 1864, S. 75, 203, 211. Oest. Ztschr. 1867, No. 8. 3) B. u. h. Ztg. 1862, S. 266; 1863, S. 270; 1871, S. 412. Kärnthn. Ztschr. 1876, No. 9—12. 4) B. u. h. Ztg. 1864, S. 111, 179, 209, 343; 1865, S. 20; 1867, S. 296; 1870, S. 74. 5) Preuss. Ztschr. 22, 196. B. u. h. Ztg. 1875, S. 50. 6) B. u. h. Ztg. 1864, S. 179, 235, 349; 1865, S. 19; 1866, S. 152, 331; 1867, S. 42, 60, 69, 323; 1870, S. 75; 1871, S. 27, 101. Preuss. Ztschr. 17, 381; 19, 133, 196. 7) B. u. h. Ztg. 1866, S. 12; 1869, S. 346. 8) Ebend. 1862, S. 265; 1863. S. 156; 1865, S. 212; 1871, S. 57. 9) Ebend. 1863, S. 389. 10) Ebend. 1866, S. 75, 152. Berggeist 1871, No. 4. 11) B. u. h. Ztg. 1866, S. 202. 12) Ebend. 1867, S. 274, 282; 1868, S. 101, 178; 1870, S. 364. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 12, 459. 13) Oest. Ztschr. 1871, No. 22. 14) B. u. h. Ztg. 1871, S. 57, 412.

hat zur Emser Hütte Veranlassung gegeben, den Raschetteofen in der Mitte durch eine Scheidewand zu theilen.

Fig. 171.

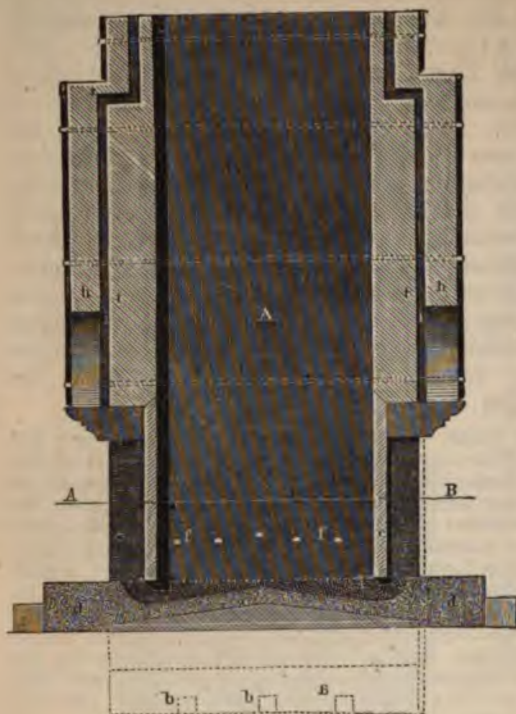


Fig. 172.

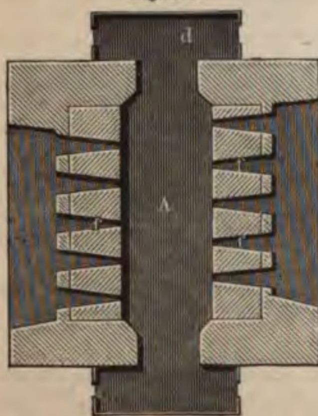


Fig. 173—175, Raschetteofen nach Skinder für Kupfererze. *a* Ofenschacht mit Rast an 3 Seiten. *b* Winderhitzungsapparat. *c* Windleitungsröhre. *d* Düsen. *e* Vorwand. *f* Gewölbe unter dem Sohlstein, durch welches von einer Feuerung kommende Gase in die Canäle *g* des Rauhgemäuers ziehen. *h* Formen.

Siebenförmige rectanguläre Bleiöfen (Redenöfen) [1]) sind bereits zu Ende des vorigen Jahrhunderts auf dem Oberharze in Anwendung gebracht, jedoch ohne den davon gehofften Erfolg wegen damals noch mangelhafter Gebläse.

Pilz'sche Rundöfen.

Die Raschetteöfen werden beim Metallhüttenbetriebe neuerdings immer mehr durch von Pilz in Freiberg mit Sefström'schem Princip der Formenvertheilung construirte, im Querschnitt achteckige oder runde Oefen (Pilz'sche Oefen)[2]) verdrängt, indem letztere unter sonst gleichen Umständen bei gleicher oder etwas grösserer Leistungsfähigkeit, gleichmässigerem Gange, geringerem Umfange, grösserer Dauer, leichterer Zugänglichkeit und Reparatur geringere Bau-, Zustellungs- und Reparaturkosten, sowie minder schwierige Ofenführung zulassen. Zur Erzielung grosser Productionen gab man den Oefen anfangs 6—8, in Nevada selbst 12 Formen bei verhältnissmässig grossem Querschnitt im Formniveau (Freiberg [2]), Pribram [3]), Braubach [4]), Oberharz [5]), Mühlbach [6]), Ems, Mansfeld [7]), Utah, Nevada [8]) und Schemnitz [9])). Es zeigte sich dann aber, namentlich bei strengflüssigeren Geschicken, dass man im Schmelzraum nicht die erfor-

1) Bergmänn. Journ. Freiberg 1788, S. 775, 842. 2) B. u. h. Ztg. 1869, S. 69, 135, 174, 271; 1871, S. 101, 246, 315. 3) B. u. h. Ztg. 1870, S. 414; 1874, S. 350; 1878, S. 226. 4) B. u. h. Ztg. 1869, S. 69. 5) B. u. h. Ztg 1871, S. 101. Preuss. Ztschr. 19, Taf. 7. 6) Oest. Ztschr. 1871, No. 22. B. u. h. Ztg. 1871, S. 284. 7) B. u. h. Ztg. 1874, S. 115; 1869, S. 433. 8) B. u. h. Ztg. 1872, S. 46 (12förm. Ofen); 1873, S. 352, 364, 418, 453; 1874, S. 297, 346; 1875, S. 344. 9) *Oesterr. Ztschr. 1879*, No. 1 (mit Abbldg.).

derliche Temperatur erhielt und in der Mitte der Erzsäule ein todter Kegel stehen blieb, weshalb man hier und dort (Oberharz[1]), Unterharz[2]),

Fig. 173.

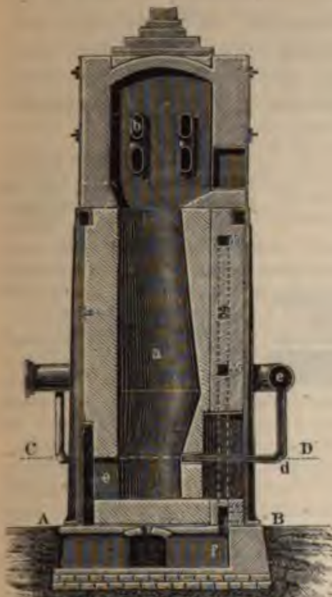
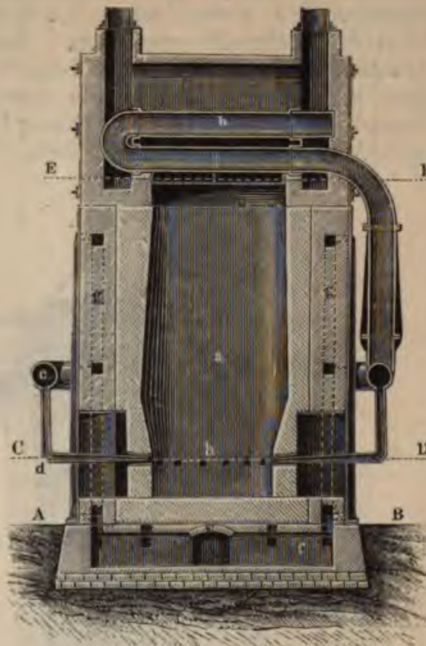
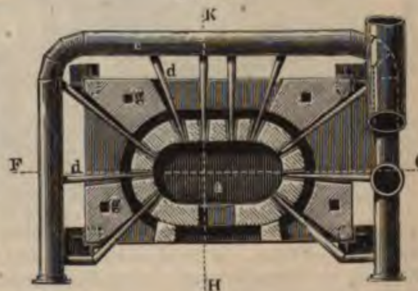


Fig. 174.



Tarnowitz[3]), Mechernich) den Querschnitt des Ofens und damit die Formenzahl (auf 3—4) mit bestem Erfolge verringert (neuerdings auch Eisenhohöfen), auch wohl, wo altes bei Ofenmauerwerk vorhanden und um die Kühlung des Gestelles zu vermindern, statt der ursprünglich Pilz'schen Construction mit freistehendem Gestell und Eisenmantel dem Ofen ein Rauhgemäuer gegeben hat (Rundofen auf dem Oberharz, Fig. 177, Tarnowitz). Die Ableitung der Gichtgase und des Rauches nach Condensationskammern hin geschieht entweder oben an der Seite (Freiberg Fig. 176, Mansfeld, Ems) oder durch ein Centralrohr (Muldener Hütte, Oberharz), auch sind die Oefen mit mechanischer Chargirvorrichtung (Parry'schem oder Jacobi'schem Trichter, Langen-

Fig. 175.

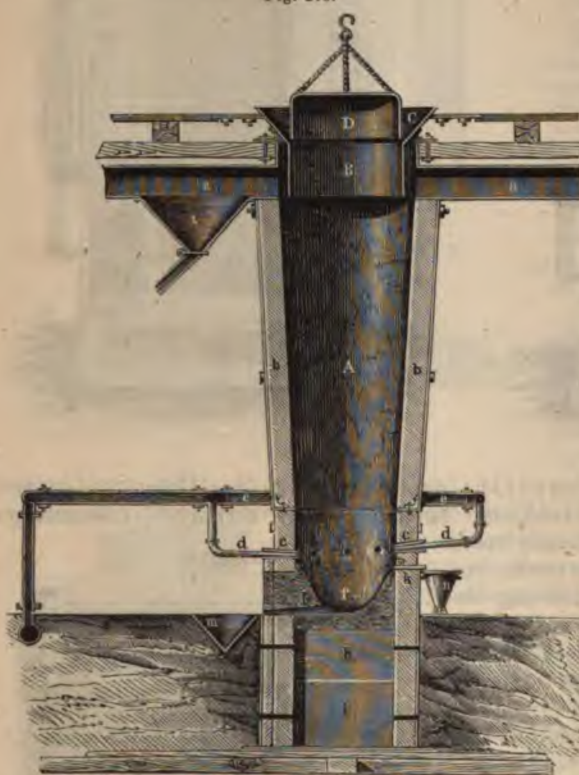


1) B. u. h. Ztg. 1870, S. 75; 1871, S. 27, 101. Preuss. Ztschr. 20, 156. 2) Preuss. Ztschr. 25, Taf. 4, Fig. 1—4. 3) Preuss. Ztschr. 22, Heft 3 u. 4.

scher Glocke versehen (Freiberg Fig. 176, Mansfeld, Ems). Hering[1]) hat eine zweckmässige Einrichtung der Chargirvorrichtung und der Flugstaubkammern angegeben, sowie auch den an Pilzöfen mehrfach (Tarnowitz, Pribram, Utah, Nevada) angewendeten, später noch zu betrachtenden Arent'schen automatischen (Heber-, Selbst-) Abstich nochmals empfohlen. Nach Demselben ist diese Ofenconstruction einer Eisensauenbildung[2]) ungünstig, weil die Hitze nach oben stark abnimmt und die Gase ärmer an Kohlenoxydgas sind. Neuerdings hat man in Freiberg[3]) die Oefen mit einer zweckmässigen Wasserkühlung versehen.

Beispiele.

Fig. 176.



Der Pilz'sche Bleiofen (Fig. 176) hat in seiner älteren 8eckigen Construction einen 6.276 m hohen, oben 2.354 und unten 1.412 m weiten Schacht *A*. *B* in die Gicht eingehängter Cylinder, 0.941 hoch und 1.935 m weit. *C* Chargirtrichter. *D* Glocke, 0.785 m hoch und nach oben aufzuziehen. *a* Rauchabführungscanal, 0.471 m weit, welcher, damit keine Gasexplosionen entstehen, hinreichend geränmig sein muss und gleich am Anfang im Boden einen mit Schieber versehenen Trichter *t* zur Aufnahme von Flugstaub enthalten kann. (Auf Muldener Hütte geht durch *D* ein centrales Gasabführungsrohr.) *b* Kernschacht, 0.314 m dick und mit Eisenblech umgeben. *c* Wasserformen, von 78 mm Durchmesser. *d* Düsen. *e* Windleitungsrohr. *f* Tiegel in Gestübbe. *h* Lehmsohle. *i* Schlackensohle. *k* zwei Schlackenrinnen. *l* Stichcanal. *m* drei Stechherde für Werkblei und Stein, neuerdings ersetzt durch einen auf Rädern ruhenden Stichkessel, welcher 450 kg Stein und 800 kg Blei fasst. *n* Schlackentopf, mittelst eines in dessen Zapfen eingreifenden Wagens zu transportiren. Der Blechmantel ist durch ein combinirtes Hänge- und Tragwerk unterstützt und ruht auf 8 gusseisernen Säulen, so dass das Gestell freisteht.

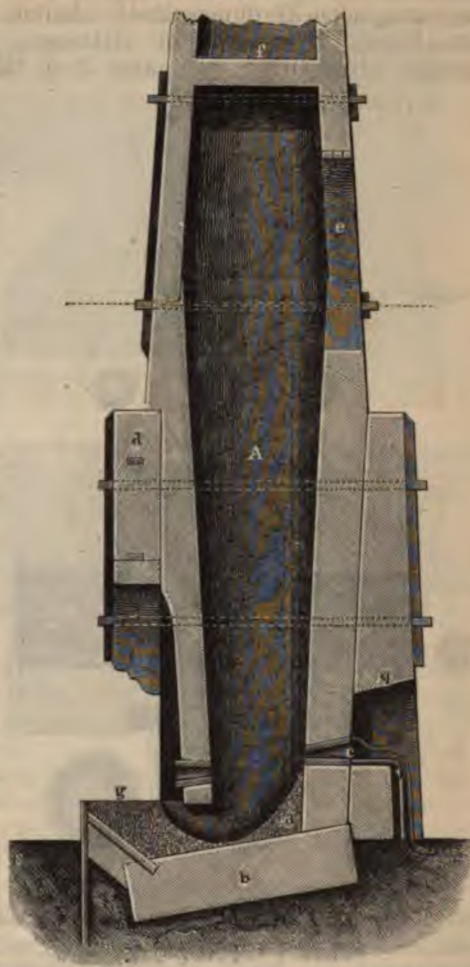
Neuerdings hat man in Freiberg 8förmige Rundöfen von 1.5 m Ofenweite im Schmelzraum mit zusammengenieteten Kühlringen[4]) aus Kesselblech von 8 mm Stärke und in diese eingenieteten Formenhälsen versehen. In dem hohlen Ring von 1.5 m lichtem Durchmesser, 13 cm Weite und 50 cm Höhe circulirt Wasser

1) B. u. h. Ztg. 1875, S. 214, 328. 2) B. u. h. Ztg. 1877, S. 305. 3) Freiberger Jahrb. 1878, S. 77. 4) Freiberger Jahrb. 1878, S. 77. B. u. h. Ztg. 1878, S. 149, 164.

ı 100 l pro Minute, welches sich auf 22° C. erwärmt) und man kann bei der siven Kühlung einen Ofen unbedenklich ausbrennen und denselben ohne vor-egangene neue Zustellung wieder anlassen. Die Pribramer 5- und 7förmigen ı [1]) haben einen steileren Schacht, als die Freiberger (Weite oben 2.37 m, im ensack 2.21 m). Wasser zur Kühlung des Gestelles circulirt in einer Röhre rechteckigem Querschnitt, die nicht ganz herumläuft. Die t ist durch einen Parrytrichter Kegel geschlossen. Man arbeitet iel Wind von geringer Pressung erreicht dadurch Brennstoff-ırung, sowie bessere Absonde-der Schlacke. Nach Hering [2]) teten auf Braubacher Hütte löfen mit 7 Formen vortheil-r, als solche mit 5 Formen.

Oberharzer Rund-Ofen 177. 178). *A* Ofenschacht, m hoch. *a* Herdsohle. hlstein. *c* Formen. *d* Rauch-el. *e* Chargiröffnung. *f* Flug-ıkammer. *g* Vorherd mit ɔf. *h* Stechherd. *i* Was-leitung. *k* Wasserableitung. Vindleitung. *n* Vorderpfeiler. nterpfeiler. *p* Kerngemäuer. ormgewölbe. Die neuesten nigen Oberharzer Oefen [3]) ha-ein Centralrohr zur Ableitung Gichtgase in Condensations-nern, einen Blechmantel und tehendes Gestell.

Fig. 177.



Der nach Pilz'schen System ıte Kupferofen [4]) der Mitter-ɛr Gesellschaft zu Mühlbach Salzburgischen ist im Gestell ıalb der Formen durch ein-sene gusseiserne Kühlrohre unter den Formen durch die eiserne Wasserrinne gekühlt, elche Form- und Kühlwasser oben eintreten. Von den 5 iedeeisernen Wasserformen zen sich die 3 rückwärtsstehen-in der Mitte, die beiden ande-stehen 78 mm vom Formmittel um den Stich reiner halten die Windpressung besser aus-en zu können.

Es scheint der Pilz'sche der Zukunftsofen für den allhütten-Betrieb werden llen, da er vor allen anderen Constructionen folgende Vortheile bietet: derselbe ıt wenig Raum ein, steht isolirt, ist deshalb von allen Seiten zugängig, lässt leicht überwachen und repariren, die Bleidämpfe lassen sich bequem abführen, lden sich wenig Ofenbrüche und Rauch, das Brennmaterial wird vortheilhaft enutzt, die Production und das Ausbringen sind gross. Noch hat man ı Zustellung desselben als Spurofen mit einem Auge [5]) und grossem be- Vorzüge es Pilzofens.

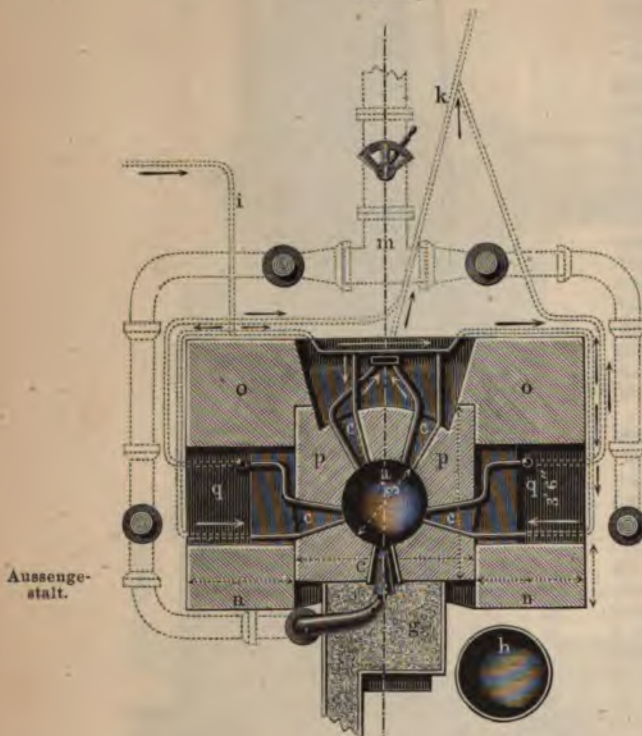
B. u. h. Ztg. 1878, S. 226. 2) B. u. h. Ztg. 1878, S. 369. 3) B. u. h. Ztg. 1876, , Taf. 16, Fig. 5—9. 4) B. u. h. Ztg. 1871, S. 284. 5) B. u. h. Ztg. 1871, S. 315.

deckten Vorherd (ähnlich wie *g* in Fig. 190) die Ansatzbildung im Herd vermindert und dadurch die Dauer der Schmelzcampagne bei gleichzeitiger Vergrösserung der Production und Erzielung ärmerer Schlacken erhöht.

Oblonge Oefen mit viel Formen an der Hinterwand.

Behufs Erzielung grosser Productionen bei leichtschmelzigen Beschickungen (z. B. gerösteten Bleierzen mit eisenhaltigen Zuschlägen), wo Pilz'sche Oefen einen zu grossen, die Bildung eines todten Kernes begünstigenden Herdquerschnitt erhalten müssten, hat man neuerdings (Stolberg, Mechernich) oblonge, nach oben sich erweiternde Tiegelöfen von etwa 3 m Höhe, 1 m oberer und 0.93 m unterer Tiefe mit bis 8 Formen in der Hinterwand erbaut, mit zwei offenen Schlackenaugen in der Mitte und zwei Abstichöffnungen neben ersteren. Man sticht auch wohl Alles in Tiegel ab, aus denen die Schlacke in einen grossen Sumpf läuft, aus dem sie nach dem Erstarren an einem vorher eingesteckten Haken mittelst Krahns auf einen Transportwagen mit geneigter Sohlplatte geschafft wird. Ober- und unterhalb der Wasserformen befinden sich in der Hinterwand Wasserkühlkästen.

Fig. 178.



Aussengestalt.

2) Aeussere Gestalt der Oefen. Während man früher die Oefen auf Metallhütten, namentlich den Herdraum zum Zusammenhalten der Wärme mit starken Mauern umgab (Fig. 163, 167), dabei aber ein schnelles Wegfressen der Herdwände nicht zu vermeiden vermochte, so nähert man sich bei neueren Constructionen denen der schottischen Eisenhohöfen mit Blechmantel, Gasabführung und freistehendem Gestell[1]) bei passender Kühlung des letzteren (Pilz'scher Ofen, Fig. 176) und erreicht dadurch, wohl ohne Brennstoffersparung, eine längere Ofendauer, leichtere Zugängigkeit zum Ofen, Raumersparniss u. A.

Beispiele.

Man hat auch Oefen mit eisernen Wänden und starker Wasserkühlung (S. 204). Piser Ofen (Fig. 179. 180). *a* Ringförmiger gusseiserner Sockel mit

1) *Kerl*, *Grundr. d. Eisenhüttenkunde*, S. 103.

ausgespartem Gestübbeherd *b*. *c* Stich. *d* Kranz von feuerfesten Steinen, auf welchen sich die mit Rinnen *m* versehene eiserne Cylinderwand *p* 0.8 m hoch und 1.15—1.20 m weit erhebt. *n* feuerfeste Pfeiler zwischen den Eisenplatten *p* zur Aufnahme der Formen und des Schlackenloches *r*. *s* Rinne zur Aufnahme des

Fig. 179.

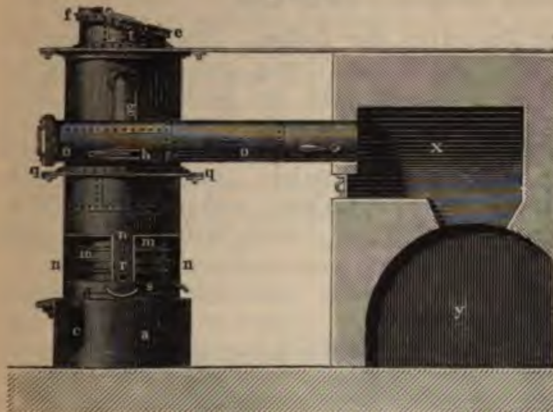


Fig. 180.



herabfliessenden Wassers. *q* Rand zur Stütze der feuerfesten Steine des oberen Ofentheiles. *t* Chargirtrichter mit Deckel *e* und Zugschornstein *f*. *g* Rohr zum Ableiten des Flugstaubes und der Gase durch die mit Schieber *h* versehene Röhre *o* in die Condensationskammern *x* und *y*.

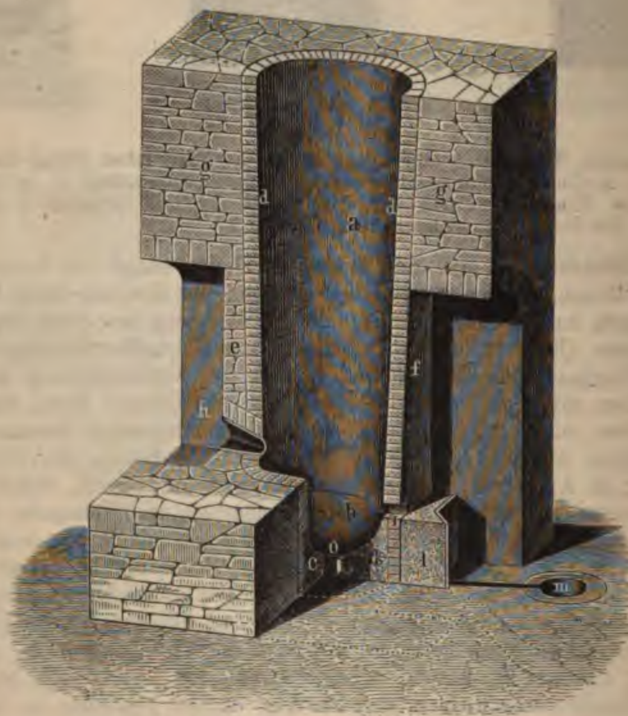
79. Ofenhöhe. Mit der Höhe der Oefen steigt die Ausnutzbarkeit der Wärme, welche in der Schmelzzone bei Krumm- und Hohöfen dieselbe sein kann, und die reducirende Wirkung des gebildeten Kohlenoxydgases (Eisenhohöfen), während die Metallverflüchtigung abnimmt (Oberharzer Glättefrischöfen). Für die Verminderung der Höhe können aber sprechen: feine, erdige oder zerreibliche Erze, ein leicht zerreibliches oder zerdrückbares oder zerspringendes Brennmaterial (Cokes lassen z. B. höhere Oefen zu als Holzkohlen), die Schädlichkeit einer zu kräftigen Reduction von oxydirtem Eisen, welches verschlackt werden soll (Mansfelder, Oberharzer und Okersche Kupfererzschmelzöfen für Erze von resp. geringerem, stärkeren und hohem Eisengehalt), oder von Bleioxyd, welches Schwefelblei zersetzen soll (niedrige spanische Bleiöfen), und starke Ofenbruchbildung bei zinkischen Erzen (Oker). Niedrigere Oefen sind billiger herzustellen und bei eintretenden Versetzungen kommen Veränderungen in der Beschickung rascher im Herde zur Wirkung, sie lassen sich beim Ausblasen schneller ausräumen und rascher wieder zustellen u. A. Erze in Schliegform erfordern behuf der nothwendigen Vorbereitung höhere Oefen als solche in Stückform (frühere Erz- und Schliegöfen zu Tarnowitz). Behuf der möglichst vollständigen Ausnutzung des Brennmaterials und der Erhöhung des Ausbringens macht man die Oefen in der Regel so hoch, als es die bezeichneten Umstände irgend gestatten. Auf die Grösse der Production hat die Höhe weit weniger Einfluss als die Weite, kommt aber immer mit zur Geltung, indem

Einflüsse darauf.

dieses oder jenes Schmelzgut einen gewissen Aufenthalt, bevor es vor die Formen kommt, zu seiner Vorbereitung im Ofenschachte bedarf. Man classificirt die Oefen, ohne jedoch eine ganz scharfe Grenze dabei inne zu halten, gewöhnlich in Krummöfen von 1 bis 2 m, Halbhohöfen von 2 bis 5 m und Hohöfen von über 5 m Höhe. Es giebt Eisenhohöfen [1]) bis 32 m und mehr hoch.

Zweck. **80. Zumachen oder Zustellen der Oefen.** Hierunter versteht man die Ueberkleidung des vom Maurer fertig gestellten Ofens an der Sohle mit feuerfesten losen Massen und das Schliessen der Vorwand. Der Sohlstein und die unteren Theile der Herdwände erhalten zum Schutz gegen corrodirende und abkühlende Wirkung entweder drei Ueberkleidungen, eine Schlackensohle (zur Ableitung der Feuchtigkeit) zu unterst, darauf eine Lehm- und dann eine Gestübbesohle (Fig. 191), oder eine der beiden ersteren bleibt weg

Fig. 181.



(Fig. 168) oder man schmilzt, wenn corrodirende Wirkungen weniger zu fürchten sind und die Erzeugung hoher Temperaturen im Schmelzraum einem Erstarren der Massen entgegenwirkt, direct auf dem Sohlstein (Eisenerze, Kupferschiefer [Fig. 169], Zinnerze [Fig. 186]).

1) *Kerl, Grundr. d. Eisenhüttenkunde*, S. 129.

Je nachdem man das Gestübbe auf der Ofensohle so aufstampft, dass die vor der Form herabgehenden geschmolzenen Massen in einer Vertiefung (Tiegel, Sumpf) ganz innerhalb oder ausserhalb oder gleichzeitig ausser- und innerhalb des Ofenherdes sich ansammeln, unterscheidet man: Zumachmethoden.

a) Tiegelöfen, mit dem Sumpf oder Tiegel ganz innerhalb des Herdes, in welchen ersteren entweder nur am tiefsten Punkte ein Stichcanal zum Ablassen sämmtlicher geschmolzener Massen einmündet (Tiegelofen mit geschlossener Brust, Stichtiegelofen, wie manche Blauöfen), oder wobei häufiger die Schlacke (Fig. 176, 181) durch ein Auge *k* oberhalb des Tiegels auf die Schlackentrifft oder in einen Schlackentopf *n* fliesst und die specifisch schwereren Producte durch den Stich *l* von Zeit zu Zeit in den Stechherd abgelassen werden (Tiegelofen mit offner Brust). Tiegelöfen.

Eine derartige Zustellung gestattet bei guter Ausnutzung des Brennmaterials eine möglichst vollkommene Separation der flüssigen Producte wegen der im weniger Wärme ausstrahlenden Herde herrschenden hohen Temperatur und grösseren Ruhe, weshalb man dieselbe häufig für Processe wählt, bei welchen dünnflüssige eisenreiche, specifisch schwere Schlacken von einem nicht viel schwereren Stein zu separiren sind (Verschmelzen gerösteter Bleierze mit Eisenfrischschlacken in Freiberg, Stolberg u. s. w.), ferner neuerdings immer mehr wegen des ruhigeren Schmelzganges für Eisenerze [1]) und Kupferschiefer sowohl bei Holzkohlen, wie auch bei Cokes. Damit sehr hitzige Schlacken das Gemäuer des Auges nicht ausfressen, legt man in dasselbe eine eiserne oder broncene, durch Wasser gekühlte Form (Lürmann'sche Schlackenform [2]) Fig. 181a) mit Wassereinflussrohr *a*, Wasserabflussrohr *b* und Schlackenloch *c*. Anwendbarkeit.

Fig. 181a.



Mansfelder 6förmiger Tiegelofen von 9.4 m Höhe, 0.84 m Durchm. unten und 2.19 m Durchm. oben; steter Schlackenabfluss durch eine gekühlte Schlackenplatte, Abstechen des Steins auf der entgegengesetzten Seite in einen Granulirsumpf; Jacobi'scher Chargirapparat. Beispiele.

Zinnerzschmelzofen, als Tiegelofen mit offener Brust (Fig. 181). *a* elliptischer Ofenschacht. *b* Herd mit dem Tiegel *o*, im Gestübbe *c* ausgehöhlt. *d* Kernschacht. *e* Brandmauer. *f* Vorwand. *g* Rauhgemäuer. *h* Form. *i* Schlackenauge. *k* Stichcanal. *l* Vorherdplatte. *m* Stechherd.

Pilz'scher Ofen Fig. 176 und Castilianischer Ofen Fig. 165.

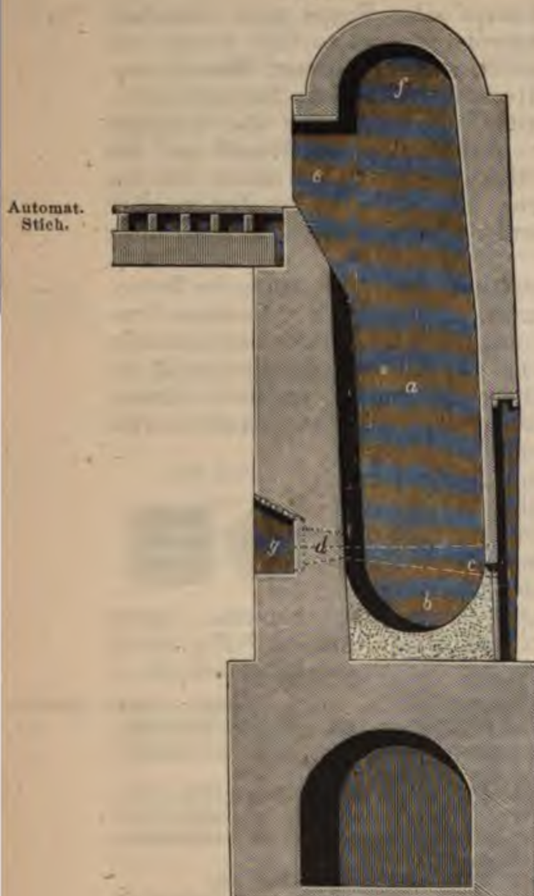
Stolberger Bleiofen, Fig. 182. 183. *a* Ofenschacht. *b* Herdtiegel. *c* Schlackenauge. *d* Wasserformen. *e* Aufgebeöffnung. *f* Gewölbe, mit einer Condensationskammer in Verbindung. *g* Formgewölbe.

Die Tiegelöfen zeigen den Uebelstand, dass beim Abstechen der Massen in den im Herdtiegel entstehenden leeren Raum noch nicht gehörig vorbereitete Materialien hinabfallen und zur Ansatzbildung im Herde Veranlassung geben. Die Entfernung dieser Ansätze, durch das kleine Schlackenauge der gewöhnlichen Tiegelöfen nicht möglich, lässt sich dadurch beschaffen, dass man denselben ein während des Betriebes mit Sand theilweise geschlossenes grösseres Auge (Schwarzkupferöfen Schattenseiten.

1) Kerl, Grundr. d. Eisenhüttenkunde, S. 111. 2) Ebend. S. 113.

zu Atvidaberg und Fahlun) giebt, oder den unteren Theil der Vorwand (Brust) durch eine zu öffnende Thür schliesst, wenn man nicht überall eine Sumpfofenconstruction wählen will. Um jedoch einer Ansatzbildung z. B. beim Bleierzschmelzen überall entgegenzuwirken, sucht man das Abstechen, also die Entstehung eines leeren Raumes auf der Ofensohle, durch automatischen Ausfluss der Massen, wobei die Sohle immer von flüssigem Blei bedeckt bleibt, zu umgehen und hierzu dient Arents' automatischer, selbstthätiger Heber- oder Selbst-Stich, welcher eine Absonderung von Blei, Stein und Schlacke gestattet. Speisen erstarren zu leicht und zu vermeiden ist kupferhaltiges Blei, welches sich im Stichcanal absetzt und denselben verstopft.

Fig. 182.



Automat. Stich.

Fig. 184. 185. Automatischer Stich. Das im Innenherde des Ofens sich ansammelnde Blei steigt in dem nach aussen mündenden, der leichteren Reinigung wegen besser ansteigenden (Fig. 185), als horizontalen Canal

Fig. 183.



Fig. 184.



Fig. 185.



(Fig. 184) in ein muldenförmiges Gefäss und fliesst aus diesem über oder wird daraus geschöpft, während Schlacke und Stein gemeinschaftlich durch ein Auge in

Schlackentöpfe oder durch zwei Augen in verschiedenen Niveaus separat ausfliessen. Diese Vorrichtung, welche ausserdem bequemere Arbeit wegen entbehrlichen Abstechens und die Entstehung eines durch Einfluss der Gebläseluft von Antimon und Arsen mehr gereinigten Bleies gestattet, befindet sich häufig an amerikanischen Bleiöfen[1]) (Utah, Nevada), auch an solchen zu Tarnowitz[2]) und Pribram[3]), und ist neuerdings wieder von Hering, Kirchhoff und Hahn sehr empfohlen.[4]) Basset[5]) bringt in der Herdsohle eine cylindrische Vertiefung an und lässt aus dieser einen ansteigenden Stichcanal gehen.

Spuröfen.

b) Augen- oder Spuröfen. Die geschmolzenen Massen laufen auf der steinernen oder mit Gestübbe überkleideten geneigten Ofensohle durch ein Auge in der Vorwand in einen vor letzterer liegenden Spur- oder Vortiegel oder in eine eiserne Pfanne, worin die Separation der Producte nach dem specifischen Gewichte stattfindet. Aus dem Vortiegel werden die separirten Producte entweder in einer (Kupferfrischofen) oder in mehreren Scheiben (Kupferbrillenöfen) ausgehoben oder in Stechherde abgestochen (Blei-, Zinnöfen).

Man unterscheidet:

Modificationen.

α) Spuröfen mit offnem Auge, bei welchen die geschmolzene Masse aus dem Auge heraus von oben in den Vortiegel fliesst, und zwar enthalten die Oefen nur ein Auge (Kupferfrisch- und Zinnofen, Fig. 186, Krigar'scher Ofen, Fig. 190) oder deren zwei (Brillenöfen für Kupfererze, Fig. 170), welche bei raschem Schmelzen abwechselnd je nach dem Vollwerden des Vortiegels geöffnet und geschlossen werden.

β) Spuröfen mit verdecktem Auge, bei welchen die flüssigen Massen durch einen verdeckten Canal aus dem Herde von unten in den Vortiegel einfliessen (Fig. 188). Diese zwar gegen Oxydation der Metalle Schutz gewährende Vorrichtung ist wegen schwierigerer Herstellung und weil sie beim Arbeiten im Herd leicht in die Sumpfofenconstruction übergeht, meist aufgegeben (ältere Tarnowitzer Bleiöfen, älterer Oberharzer Glättfrischofen).

Vortheile.

Die Spuröfen gestatten, wegen Entbehrlichkeit des Abstechens, bequeme Arbeit bei Vermeidung von Ansätzen auf der Herdsohle, weil die Massen continuirlich auf der Sohle abfliessen, längere Dauer, Ersparung eines Vorherdes, sowie rascheres Schmelzen und werden besonders zum Ausschmelzen von Schwefelmetallen (Rohstein) aus Kupfererzen und zur Reduction von leichtflüssigen Metallen (Glättefrischen, Kupferfrischen, Zinnerzschmelzen) benutzt, um dieselben möglichst rasch dem oxydirenden Einfluss der Gebläseluft im Ofeninnern zu entziehen. Bei Spuröfen mit verdecktem Auge (Fig. 188) sind diese Metalle im Vortiegel durch eine Schlackenschicht auch dem Einflusse der Aussenluft entzogen. Dagegen haben diese Oefen den Uebelstand, dass etwa gebildete Herdansätze sich durchs Auge schwierig oder gar nicht ausräumen lassen und die Separation der Producte ausserhalb des Ofens, also bei niedrigerer Temperatur unvollständiger stattfindet, weshalb meist eine grössere Menge unreinerer Schlacken, was Brennmaterial kostet, wieder umgeschmolzen werden muss. Krigar[6]) hat den letzteren

Schattenseiten.

1) B. u. h. Ztg. 1871, S. 291, 323; 1872, S. 46; 1873, S. 364; 1875, S. 364; 1878, S. 34. Oest. Ztschr. 1874, No. 42, Taf. 14, Fig. 4—7. 2) Preuss. Ztschr., Bd. 22, Heft 3 u. 4. 3) B. u. h. Ztg. 1874, S. 350. 4) B. u. h. Ztg. 1875, S. 327 (Hering); 1878, S. 24 (Kirchhoff), S. 129 (Hahn). 5) B. u. h. Ztg. 1876, S. 356. 6) Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 226. B. u. h. Ztg. 1875, S. 194; 1876, S. 114.

Uebelstand in seinem Cupoloofen (Fig. 190) dadurch vermieden, dass die geschmolzenen Massen durch das Auge in einen geräumigen, aus schlechten Wärmeleitern gebildeten Vorherd fliessen, sich hierin, gut dünnflüssig bleibend, separiren und alsdann die Schlacke oben durch ein Auge abfliesst, während das Roheisen am Boden von Zeit zu Zeit abgelassen wird. Man hat diese Construction auch auf die Pilz'schen Bleiöfen[1]) (S. 253) mit Vortheil übertragen, und lässt aus dem Vorherd Schlacke, Bleistein und Werkblei gesondert ab.

Fig. 186.

Beispiele.

Spurofen mit einem offenen Auge zum Zinnerzschmelzen (Fig. 186. 187). *a* Rauhgemäuer. *b* Kernschacht, 2.83 m hoch. *c* Vorwand. *d* Futtermauern. *e* Brandmauer. *f* Ofensohle. *g* Form mit 2 Düsen. *h* Auge. *i* Vortiegel, aus Granitplatten *k* und Gestübbe *l* gebildet. *m* Stichcanal. *p* Eisenplatte. *n* Stechherd. *q* Schlackentrifft. *o* geneigte Eisenplatte zum Abfluss der Schlacke ins Wasserbassin *s*.

Spurofen mit 2 offenen Augen (Brillenofen) zum Kupferschieferschmelzen (Fig. 169. 170).

Glättefrischofen mit verdecktem Auge (Fig. 188. 189). *a* Ofenschacht. *b* geneigte Ofensohle. *c* Fundament. *d* Schlackensohle. *e* Gestübbesohle. *f* Rauhgemäuer. *g* Rückwand. *h* Vor- oder Brustwand, deren unterer Theil Brust heisst. *i* Ulmen oder Wangen. *k* Vorherd. *l* Spur- oder Vortiegel. *m* Stichtiegel oder Stechherd. *n* verdecktes Auge. *o* Form. *p* schräge Flügel.

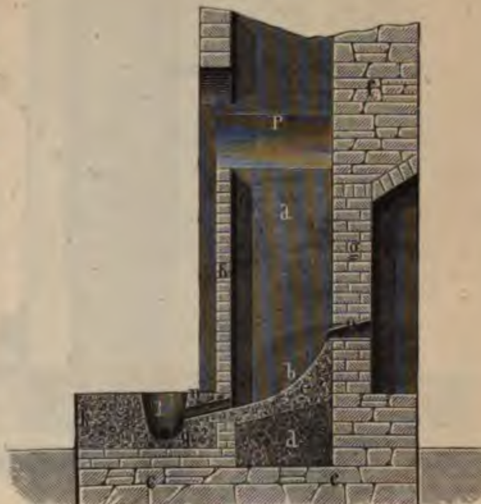
Fig. 187.

Spurofen mit grossem Vorherd (Krigarscher Cupoloofen)[2]) (Fig. 190). *a* cylindrischer Schacht. *b* Rast. *c* Schmelzraum. *d* Windcanal. *f* Windschlitze. *e* Schmelzraum. *h* Blechmantel. *r* Putzöffnung. *g* von einer dicken Chamottemauer gebildeter, überwölbter Vorherd. *o* eiserne Thür mit zur Rinne führender Abstichöffnung fürs Roheisen und mit Schauloch *q*. *s* und *t* Rinnen zum Schlackenabfluss. *k* mit Rippen versehene gusseiserne Platte, auf Säulen *m* gestützt. *p* Rinne zum Abfluss des Roheisens. *n* Ausräumthür für Schlacken, nach unten zu öffnen.

1) B. u. h. Ztg. 1871, S. 315. 2) Ueber Cupoloöfen, s. Ledebur, Verarbeitung der *Metalle auf mechan. Wege* 1877, S. 264.

c) Sumpföfen. Die geschmolzenen Massen sammeln sich sowohl ausserhalb, als innerhalb des Ofens an, indem der Sumpf im Ofenherd mit dem Vortiegel in dem durch das Herdblech (Blech) begrenzten Vorherd durch einen Canal (Spur) verbunden ist. Zuweilen erweitert man den Vortiegel zur Aufnahme grösserer Mengen Schmelzproducte durch Umlegen eines Randes von erstarrten Schlacken (Bottino[1]). Die Schlacke fliesst über den Vortiegel auf der Schlackentrifft ab, während die specifisch schwereren Massen durch einen Stichcanal in einen Stechherd abgelassen werden. Die Höhendimensionen der Sumpföfen pflegt man von der oberen Kante des Herdbleches ab zu messen. Sumpföfen.

Fig. 188.



Die Sumpföfen empfehlen sich da, wo entweder sehr zähflüssige Schlacken, welche durch ein enges Auge, wie bei Spur- und Tiegelöfen, nur schwierig hindurchgehen (Oberharzer Bleiarbeit[2])) oder wo wegen nicht zu vermeidender Ansatzbildung (z. B. blendige oder eisenreiche Kupfer- und Bleierze) öfters im Herde gearbeitet werden muss. Die Ansatzbildung wird, wie bei den Tiegelöfen, dadurch besonders begünstigt, dass nach dem Abstechen der Massen in den dabei entstandenen leeren Raum auf der Herdsohle nicht hinreichend vorbereitete Beschickungsbestandtheile u. s. w. fallen. Entstehen solche Ansätze in sehr reichlicher Menge oder entwickeln sich viel Zinkdämpfe im Herde, so lässt man die Brust mehr offen, also die Vorwand nicht so tief hinabgehen als sonst (zinkische Blei- und Kupfererze, Schwedische Suluöfen, *k* in Fig. 191, Müsen). Von den als Sumpföfen zugemachten Eisenhohöfen ist man vielfach zu Tiegelöfen (S. 257) übergegangen, seitdem man durch Anwendung Anwendbarkeit.

Fig. 189.

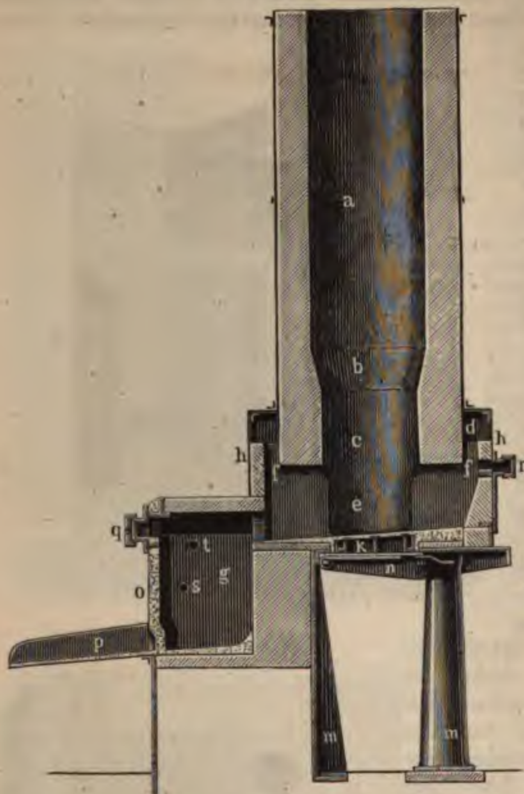


1) B. u. h. *Ztg. 1868 S. 206.* 2) Kerl, Oberharzer Hüttenprocesse 1860, S. 291.

heisserer Luft in letzteren höhere Temperaturen erzeugt und dadurch der Ansatzbildung entgegenwirkt, auch durch eine eingesetzte Schlackenform (S. 257) die Corrosion des Augengemäuers verhütet.

Beispiele.

Fig. 190.



Schwedischer Suluofen (Kupferofen) mit stark offener Brust (Fig. 191. 192). *a* Ofenschacht. *b* innerer Sumpf. *c* Vortiegel. *d* Gestübbesohle. *e* Lehmsohle. *f* Schlackensohle. *g* Rauhgemäuer. *h* Kernschacht. *i* Vorwand. *k* Brustöffnung. *l* Herdblech. *m* Vorherdmauer. *n* Stechherd. *o* Formen.

Freiberger Doppelbleiofen (Fig. 193. 194). *a* Ofenschächte durch den Scheider *b* getheilt, welcher auf dem Bogen *c* ruht. *d* Chargiröffnungen. *e* Gestübbesohle. *f* Formen. *g* Lehmsohle. *h* Schlackensohle. *i* Ulmen. *k*, *l* und *m* Abzüge (Anzüchte). *n* Vorherd. *o* Brustmauer. *p* Stirnwand. *q* Brandmauer. *r* Formgewölbe. *s* Räumloch. *t* Schlackentrifft.

Oberharzer ältere (S. 247) und neuere runde Bleiöfen (S. 253).

Unterharzer Bleiofen mit Zinkstuhl[1]) (Fig. 195. 196). *c* Sohlstein, darüber Lehmsohle und Gestübbesohle *u*. *p* Vorherd mit Vortiegel *v*. *w* Schlackenrinne. *x* Schlackensumpf. *s* Stechherd. *f* Werkbleiformen. *g* Chargiröffnung. *k* Rauchmantel. *z* Zinkstuhl, auf der Spur mit etwas Fall nach einer Seite gelegte Schieferplatte, dann unter spitzem Winkel darauf gestellte und die Vorwand nach unten verschliessende Schieferplatte. *d* demnächst zu verschliessende Oeffnung zum Eintragen von harten Kohlen, welche auf dem Zinkstuhl in Gluth gerathend durch das Gebläse hineingetriebenes Zink- und Bleioxyd reduciren, in Folge dessen das Gemisch von Blei und Zink auf die untere Schieferplatte tröpfelt, nach deren geneigter Seite fliesst und von hier durch die Rinne *i* in die Form *l* abgestochen werden kann.

Formenzahl.

81. Ein- und mehrförmige Oefen. Die Formenzahl[2]) und damit in Verbindung die zugeführte Windmenge und der Ofenquerschnitt in der Formgegend haben einen wesentlichen Einfluss auf die Grösse der Production. Mehrere Formen gestatten eine gleichmässigere Vertheilung des Windes, bei zu viel Formen wird unter Voraussetzung eines gleichen Windquantums und gleicher Pressung das Mauerwerk zu sehr geschwächt und der Durchmesser der Windströme

1) Kerl, Rammelsberger Hüttenprocesse 1860, S. 31. *Kerl, Grundr. d. Eisenh.* 1875, S. 162.

2) v. Kerpely, Fortschr. 3, 72.

zu sehr vermindert, was eine schnelle Verbrennung des Kohlenstoffs hauptsächlich in der Nähe der Herdwände veranlasst und diese leicht zerstört (Gestellbrand). Man hat meist nur 3—4 Formen bei einem Gestelldurchmesser unter 1.2 m, 5—7 Formen, wenn der Durchmesser 2—2.5 m erreicht. Eine Form, welche nur in Gestellen von seltener runder als rechteckiger Gestalt von höchstens 0.5—0.6 m Durchmesser oder Seitenlänge eine einigermassen gleichmässige Temperatur giebt, legt man bei geringerer Windpressung und langen Gestellen in die Hinterwand (Fig. 168, 189), sonst in eine Seitenwand (kleine Holzkohleneisenhohöfen), weil sonst die Flamme in den Vorherd getrieben werden würde; mehrere Formen vertheilt man bei rechteckigem Ofenquerschnitt entweder in den beiden Seiten und der Hinterwand (Fig. 170), seltener auch in der Vorderwand (Brust- oder Tümpelform bei Eisenhohöfen, Raschetteöfen, Rundöfen, Fig. 178), oder legt sie in der Hinterwand neben einander (Fig. 183. 192; neuere Stolberger und Mechernicher Oefen mit 8 Formen, S. 254). Im oblongen Raschetteofen (Fig. 171) befindet sich eine grössere Anzahl Formen in den beiden Langseiten wechselständig gestellt (S. 249) und bei runden Oefen werden die Formen nach Sefström'schem Princip an der Peripherie gleichmässig vertheilt (Fig. 166, 176, 178). Pilz'sche Rundöfen beim Bleierzschmelzen zu Braubach [1]) mit 7 Formen gaben bessere Resultate, als mit 5 Formen; Eisenhohöfen giebt man gewöhnlich bei einem Gestelldurchmesser unter 1.2 m 3—4 Formen, bei 2—2.5 m Durchmesser 5—7 Formen. Bei mehreren Formen in der Hinterwand theilt man wohl den Schachtraum durch verticale Scheidewände (Schachtscheider) in mehrere den Formen entsprechende Abtheilungen (Freiberger Doppelöfen Fig. 193). Statt einer grösseren Anzahl Formen wendet

Fig. 191.

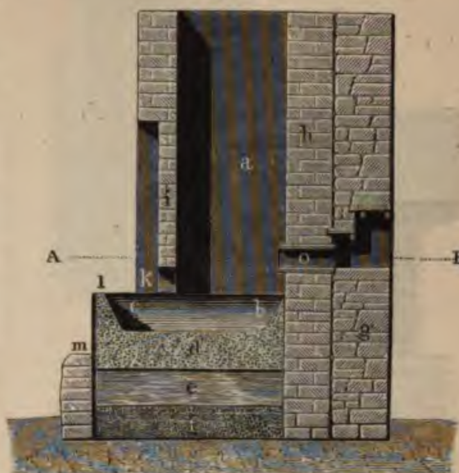


Fig. 192.



1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 369.

man z. B. bei Cupoloöfen[1]) auch **Windschlitze** (Fig. 190) an, welche eine sehr gleichmässige Vertheilung von viel eine rasche Verbrennung bewirkendem Wind gestatten.

v. **Ehrenwerth**[2]) hat Regeln zur **zweckmässigsten Formvertheilung** angegeben, bei welcher die Mittelpunkte der Focus gleich weit von einander abstehen und der Wind sich gleichmässig über den Querschnitt verbreitet.

Fig. 193.



Fig. 194.



Formlage. Einen wesentlichen Einfluss auf den Schmelzgang hat die **Lage der Form**, und zwar hinsichtlich

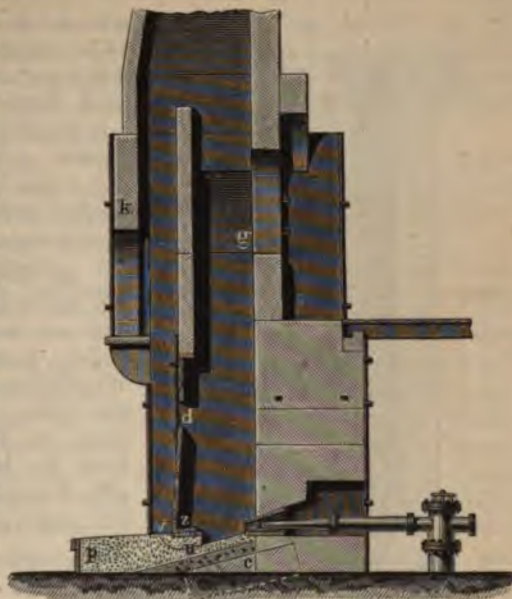
a) **der Höhe über dem Sohlstein.** Je strengflüssiger oder leichter erstarrbar die Schmelzproducte, je poröser das Brennmaterial und je weniger flüssige Producte man ansammeln will, um so tiefer muss die Form liegen, um erstere hitzig zu erhalten; dabei darf aber keine unerwünschte Windeinwirkung auf das Schmelzproduct stattfinden (z. B. starke Oxydation und Verflüchtigung von Zinn und Blei, höhere Lage der Form bei Giessereiroheisen als bei Frischroheisen).

---

1) *Ledebur*, die Oefen für metallurg. Zwecke S. 98. 2) Kärnthn. Ztschr. 1876, No. 9—12. *B. u. h. Ztg. 1876, S. 263.*

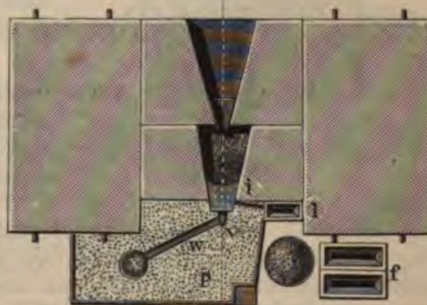
Bei zu hoher Formlage kann die Beschickung rascher und weniger vorbereitet in den Schmelzraum eintreten, während der Gicht heissere Gase entströmen und die Schmelzmassen im Herde sich stark abkühlen. Eine zu hohe oder zu tiefe Formlage kann man in Etwas corrigiren, wenn man der Form resp. etwas Stechen oder Ansteigen giebt. Bei Cokeseisenhohöfen beträgt die Formhöhe gewöhnlich 780—940 mm, bei Holzkohlenöfen 320—510 mm, bei Metallöfen 156—472 mm über dem Bleche (S. 261). Das Anlegen der Formen in zwei oder noch mehreren Niveaus, z. B. bei Südwaleser Anthracithohöfen, hat zu Störungen der Windströme Veranlassung gegeben. Bei Cupoloöfen können jedoch mehrere Formreihen über einander liegen.

Fig. 195.



Irelandcupoloofen mit 2 Formreihen (Fig. 197). *a* Sockel. *b* Blechmantel. *c* Windzuführungsrohr zum Windcanal *d*, durch eine Scheidewand in zwei Hälften getheilt und mittelst Windschiebers so abzusperren, dass die unteren 4 Formen *e* allein oder auch die oberen *f* Wind erhalten. *g* Düsenvisire. *h* Arbeitsöffnung, mit Balkenthürverschluss und Abstichöffnung. *i* Chargiröffnung. *k* Esse. *l* Herd. *m* Raum zwischen den Formen. *n* Schacht.

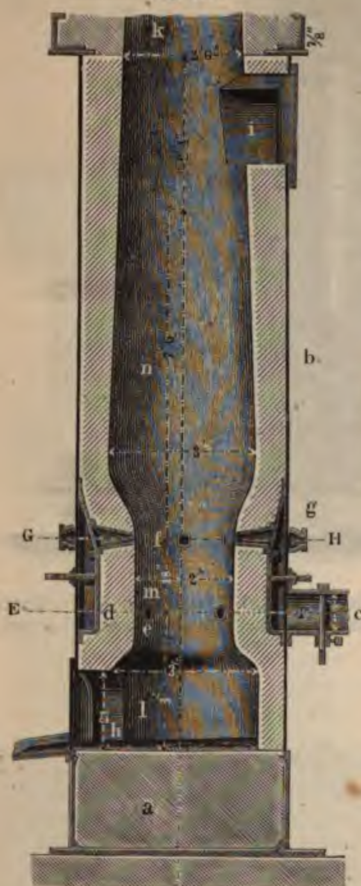
Fig. 196.



b) der Richtung zur Horizontalen. Gewöhnlich liegt die Form horizontal. Durch ein geringes Stechen kann man auf ein Reinhalten der Spur von Ansätzen und eine Verflüchtigung von Antimon (z. B. bei 3° Stechen zu Rothenbacher Hütte), auch von Zink, bei Eisenhohöfen auf Entkohlung des Roheisens hinwirken, so wie durch Ansteigenlassen ein Herabrücken der Beschickung beschleunigen (Kupferfrischen, 3 bis 14° Ansteigen bei grauem Giessereiroheisen), dann aber unter erhöhtem Brenn*materialaufwand.* Zuweilen hält ein Gegengewicht an einem

Eisenstabe, der unten am weiten Ende der Form befestigt ist, die letztere beim Ausbrennen des Ofens in ihrer ursprünglichen Richtung (Neunkirchen).

Fig. 197.



c) der Stellung zur Hinterwand. Meist liegt die Form mit derselben egal, namentlich bei geschwefelten Substanzen; bei oxydirten (z. B. beim Glättfrischen) ragt sie zuweilen mit etwas Stechen vor der Hinterwand hervor, wobei dann der Schmelzpunkt mehr von der Brandmauer nach vorn verlegt wird und eine Abkühlung der Gestellsteine eintritt (Gleiwitz).

d) der Richtung der Axen. Bei gegenüber stehenden Formen legt man sie meist so, dass sie neben einander wegblasen, damit sich die Windströme nicht stauen. Bei weiten Oefen mit entsprechender Pressung, wo dann die Windströme nicht über die Mitte des Herdes wegdringen, können die Formen auch einander gegenüber liegen.

e) der Entfernung der Düsenmündung vom Formrüssel. Dieselbe hat Einfluss auf die Kühlung des Formrüssels, das Zurückprallen des Windes, die Spannung der Gase im Ofen u. s. w.

82. Arbeiten beim Betriebe der Gebläseschachtöfen. Dieselben sind der Hauptsache nach folgende [1]):

Zumachen.

1) Zumachen des Ofens. Nachdem durch Unterhaltung eines Feuers auf dem Sohlstein oder einem darüber geschlagenen Roste ersterer, sowie der Ofenschacht abgewärmt worden, wird gewöhnlich durch die offene Vorwand hindurch auf den Sohlstein oder eine zuvor darauf gebrachte Schlackenlage (Fig. 194) eine Lehmsohle aufgestampft, diese durch glühende Kohlen abgewärmt und dann die Gestübbesohle, je nach der zu wählenden Zustellungsmethode (S. 257) abweichend, aufgestampft, diese abgewärmt und die Vorwand geschlossen. Als Werkzeuge dienen dabei hölzerne, bleierne oder eiserne Stösser, Modellhölzer (Stich- und Herdholz), Ausschneidmesser u. A.

---

1) Von den mehrfach abweichenden Arbeiten beim Eisenhohofenbetrieb s. Kerl's Grundriss *der Eisenhüttenkunde*, S. 182. Kerl, Oberharzer Hüttenprocesse 1860, S. 383.

Anblasen.

2) Anblasen des Ofens. Nach dem theilweisen oder vollständigen Auffüllen des Ofens mit Brennmaterial, welches vor der Form in Brand versetzt wird, giebt man Schlacke oder leichtflüssige Beschickung in geringer Menge auf, lässt, so bald sich dieselbe vor der Form zeigt, das Gebläse langsam an, verstärkt dann letzteres, so wie die Beschickung unter Nachsetzen von Kohlen allmählich so weit, bis der Ofen in normalen Gang gekommen ist, d. h. auf eine gewisse Menge Brennmaterial die grösste Menge Beschickung trägt, bei welcher die Producte entstehen, welche man erzeugen will.

Je nach der Grösse der Oefen kann das Anblasen von einigen Stunden (Unterharzer Kupferöfen) bis zu 14 Tagen und mehr dauern (Mansfelder Kupferschieferöfen), während welcher Zeit etwaige Ansätze aus dem Herde fleissig ausgeräumt werden müssen.

Anblasen der Freiberger Pilzöfen: Füllen des abgewärmten Ofens mit Reisig, Spänen und Cokes bis etwa 1 m über den Formen, Anfeuern von unten, Aufgeben von schwachen Beschickungssätzen, wenn sich Gluth vor den Formen zeigt, Zulassen von Wind, Schlackenziehen etwa 4 Stunden nach dem Anbrennen der Cokes.

Chargiren.

3) Regelmässiges Chargiren (Setzen, Aufgichten, Aufgeben). Man setzt am besten von dem Beschickungsboden aus gewöhnlich auf eine abgewogene normale, nach der Grösse des Ofens, der Strengflüssigkeit der Beschickung u. s. w. sich richtende Menge Brennmaterial (Brennmaterialgicht) eine nach dem Ofengange variirende Menge Beschickung (Satz), und zwar je nach der Weite der Ofenmündung in Trögen, Körben, Karren oder Wagen, und zwar besser dem Gewichte, als dem Volumen nach und bei folgender Anordnung (Satzführung):

Horizontale Chargen.

a) In horizontalen Lagen, wobei die Wärme am vollständigsten ausgenutzt und eine kräftiger reducirende Wirkung ausgeübt wird. Wo letztere nicht schadet (Kupferschieferschmelzen) oder sogar erforderlich ist (bei Eisenerzen, Oberharzer Raschetteofenbetrieb), da wendet man solche Oefen jetzt häufiger an, als sonst, und schützt das Herdgemäuer gegen die corrodirende Wirkung der damit in Berührung kommenden Beschickung durch Abkühlen mittelst Wasserformen oder Wasserkästen (Pilz'scher und Raschetteofen).

Man sucht häufig so zu chargiren, dass die groben Stücke in die Mitte, die kleineren an den Rand kommen (S. 149). Dieses wird entweder dadurch erreicht, dass man die Beschickung an die Peripherie des Ofens gleichmässig stürzt und die dicken Stücke dann nach der Mitte rollen lässt oder am Boden der Gichtwagen (senkbare conische Verschlüsse, in Charnieren hängende Klappen) oder im Ofen selbst passende Vertheilungsvorrichtungen (Kegel, Glocken, Fig. 176) hat. Man chargirt immer von Neuem, sobald Raum für eine neue Gicht geworden ist. Zur Controle des regelmässigen Chargirens bei Nacht hat man wohl Zeigervorrichtungen (Gichtenzeichner) angebracht[1]), sowie man bei geschlossenen Oefen die Tiefe der Beschickungsgicht wohl durch eine im rechten Winkel gebogene Stange (Gichtenmesser) untersucht. Auch mahnen wohl Läutewerke (Gichtwecker), mit einem auf der niedergehenden Gicht liegenden Deckel in Verbindung, rechtzeitig zum Chargiren. Zur Vermeidung unnützer Brennstoffverbrennung hält man bei offenen Gichten die Brennmaterialgicht mit der Erzgicht bedeckt, bei geschlossenen Gichten das Umgekehrte wegen günstigerer Anordnung. Beim Niedergang der anfangs horizontalen Erz- und Brennmateriallagen werden die leichteren letzteren von ersteren an die Wand gedrängt (es entsteht ein todter oder träger Mantel) und zwar um so mehr, je stärker sich der Schacht von der Gicht ab erweitert.

1) B. u. h. Ztg. 1866, S. 454.

Gleichzeitig werden die an den Wänden niedergehenden Stücke in Folge grösserer Reibung mehr zurückgehalten, als diejenigen nach der Mitte zu (S. 149). In Folge dessen nehmen die Lagen eine Muldenform an, die Erzschicht verliert gleichzeitig an den Rändern, die Brennmaterialschicht beim Niederrücken in der Mitte an Stärke, weshalb es sich beim Chargiren empfiehlt, das Erz in stärkerer Lage an den Rändern, das Brennmaterial in stärkerer Schicht in der Mitte aufzugeben.

Verticale Schmelzsäulen.

b) In verticalen Säulen, die Beschickung an der Hinterwand und das Brennmaterial an der Vorwand, wobei der Wind dann durch einen in der sinternden Beschickung vor der Form gebildeten Canal (Nase) ins Brennmaterial bläst, so dass der Schmelzpunkt zur Schonung der Ofenwände nach der Mitte des Ofens zu verlegt wird.

Dieser Chargirmethode bediente man sich früher immer für Erze und Producte, bei welchen eine kräftig reducirende Wirkung zu vermeiden, wo Oxyde statt reducirt zumeist verschlackt werden sollen, z. B. Eisenoxyd und Zinkoxyd aus Kupfer- und Bleierzen, und die corrodirende Wirkung dieser Oxyde auf die Herdwände bei nur vorhandenen einfachen Formen zu fürchten ist. Ausserdem sollte die Nase [1]) den Wind zerstreuen, den Schmelzpunkt herabdrücken, eine übermässige Flugstaubbildung verhindern u. A. Alle diese gepriesenen Vortheile der Nase sind illusorisch, wenn die Construction des Ofens, die Zusammensetzung der Beschickung, sowie Satz- und Windführung richtig sind und man ist deshalb neuerdings von dem mit dem Chargiren in verticalen Säulen verbundenen Nasenschmelzen, — wobei der grösste Antheil der Leitung des Processes den Arbeitern in die Hände gegeben wird und der Erfolg des Schmelzens mehr oder weniger von den letzteren abhängt, — mehrfach zum Chargiren in horizontalen Lagen mit heller Form und passender Form- und Herdkühlung übergegangen (S. 202). Am frühesten scheint man sich von dem Nasenschmelzen bei der Silberroharbeit zu Lend im Salzburgschen [2]) und in Kongsberg [3]) losgesagt zu haben.

Beurtheilung des Ofenganges.

Als Kennzeichen für einen normalen Ofengang dienen hauptsächlich

a) die Beschaffenheit der Schmelzproducte (weisses und graues Roheisen, mussiges und dünnflüssiges Werkblei u. s. w.), namentlich die Schlacken (Verhalten beim Fliessen und Erstarren, Farbe, Bruchansehen);

b) die Beschaffenheit des Herdes (Ansatzbildung, harter Stich, Hervordringen von Rauch unter der Brust u. s. w.) und des Schachtes (Hängen des Ofens, Kippen der Gichten, Bildung von Ofenbrüchen u. s. w.).

c) Beschaffenheit der Form (helle oder dunkle Form, zu kurze oder zu lange Nase in Folge zu hoher oder zu niedriger Temperatur, ruhiges oder tumultuarisches Schmelzen davor u. s. w.).

d) Beschaffenheit der Gicht, regelmässiges oder unregelmässiges Eingehen der Beschickung, dunkle oder helle (flammende) Gicht, Färbung, Helligkeit und Rauchen der Gichtflamme, gleichmässiges oder ungleichmässiges Ausziehen derselben u. s. w.

Abnormer Ofengang.

Unregelmässigkeiten im Ofengang können veranlasst werden durch unrichtige Beschickung (anhaltendes Bühnen im Herde, Kippen der Gichten), Sinken der Temperatur im Schmelzraum (durch nasse Schmelzmaterialien, Uebersetzen des Ofens, feuchten Wind u. s. w.),

---

1) Preuss. Ztschr. 14, 240; 17, 154. Kerl, Oberharzer Hüttenprocesse 1860, S. 387. 2) Oest. Ztschr. 1862, S. 314. Turner sagt daselbst: die Nasen nebst ihren gerühmten Vortheilen stammen aus einer Zeit, wo man Jungfrauenhaare zu Kupferproben brauchte, und passen nicht mehr für jetzt. 3) B. u. h. Ztg. 1862, S. 436.

Ofenbruchbildung (Kippen der Gichten, Hängen des Ofens u. s. w.), Vorrollen des Erzes, sehr zerreibliches Brennmaterial, falsche Ofenconstruction u. A. Je nach der Ursache derselben sind verschiedene Gegenmittel anzuwenden, welche sein können: Aenderung der Beschickung, Abbrechen oder Zulegen von Satz, was namentlich auf die Beschaffenheit der Nase und die Temperatur Einfluss hat, Schwächung oder Verstärkung des Gebläses und der Windtemperatur, öfteres Ausräumen des Herdes, das Losmachen des hängengebliebenen Satzes durch in die Gicht oder Oeffnungen in der Vorwand gebrachte Räumeisen, Wegkeilen oder Wegschmelzen der Ofenbrüche, Stören der Formen, Füttern mit Kohlen oder Erz im Herd u. dgl. m.

4) Arbeiten im Herde. Diese können sein: Herd-arbeiten.

a) Entfernung der geschmolzenen Massen. Bei Spuröfen (S. 259) fliessen Schlacken und sonstige Producte (Steine, Metalle, Legirungen) gemeinschaftlich in einen Spurtiegel und separiren sich hier, worauf die Schlacken entweder in Scheiben abgehoben werden oder von selbst in Töpfe abfliessen (S. 269), während das Uebrige entweder auch in Scheiben gerissen (Kupfersteine) oder in flüssigem Zustande in Formen (Kupferfrischen) oder in Wasser abgelassen (Kupfersteine) oder ausgeschöpft wird (Blei, Roheisen, Zinn), oder man hat einen grossen abgeschlossenen Vorherd, in welchem die Separation der Massen besser geschieht (S. 260). Bei Tiegel- und Sumpföfen (S. 257, 261) fliesst zähe Schlacke gewöhnlich von selbst ab auf die Schlackentrifft (Abheben nach dem Erstarren mittelst Schlackengabel oder Hebels [1]), oder Eindrücken in Formen behuf Schlackensteinerzeugung oder Tempern, in grösseren Massen mit Kohlenlösch bedeckt) oder in einen Sumpf oder bei dünnflüssiger basischer Beschaffenheit in eiserne Wagen (Eisenhohofenschlacken) oder leicht transportable Schlackentöpfe (zu Tarnowitz 628 mm hoch, oben 314 und unten 235 mm weit), welche ein Absetzen von adhärirendem Stein, Raumersparniss und geringere Transportkosten zulassen. Die Schlackentöpfe hängen entweder in einem Gestell auf einem Wagen und lassen sich an einer Axe umkippen [2]) oder sie stehen auf dem Boden (Fig. 176) und werden mittelst Gabeln auf einem Wagen an ihren Zapfen gefasst. [3]) Reinere Schlacken erfolgen, wenn dieselben zunächst in einen bedeckten, gegen Abkühlung geschützten Sumpf und aus diesem erst in Töpfe fliessen. Zuweilen leitet man die flüssigen Schlacken behufs Granulirens in dünnem Strahl in Wasser oder bläst zur Erzeugung von Schlackenwolle Wasserdampf oder Gebläseluft gegen den Strahl.

Der übrige Inhalt des Tiegels oder Sumpfes wird bei abgestelltem oder im Gange bleibendem Gebläse nach Oeffnung des Stiches mittelst des Stecheisens in eiserne oder Sandformen (Roheisen, Schwarzkupfer und Kupferstein in Atvidaberg), gewöhnlich aber in Stechherde aus Gestübbe oder besser aus Gusseisen (Oberharz, Freiberg, Pise) abgelassen, und aus diesen mit oder ohne Anwendung einer Hebel-

1) B. u. h. Ztg. 1868, S. 206. 2) B. u. h. Ztg. 1865, Taf. 10, Fig. 10. 3) Preuss. Ztschr. 14, Taf. 8, Fig. 13.

vorrichtung[1]) entweder in Scheiben ausgehoben (Steine, Speisen, Schwarzkupfer) oder in Formen ausgeschöpft (Werkblei). Nach dem Abstechen erfolgt das Verschliessen des Stiches mit einem Gestübbepfropf oder Holzpflock, vollständiges Reinigen des Herdes von Ansätzen, Aufwerfen von Lösche auf den Vortiegel u. s. w. Arents' automatischer Stich (S. 258) macht ein Abstechen des Bleies u. s. w. unnöthig.

b) Ausräumen des Herdes von Ansätzen (Bühnen, Sauen) seltener während des Ofenganges, als nach dem Abstechen mittelst meisselartiger oder gekrümmter Brechstangen (Räumeisen, Brusträumer), Reparaturen zerstörter Theile des Gemäuers, des Vorherdes, der Gestübbesohle, des Stiches u. s. w., Auswechseln der Formen u. s. w.

c) Dämpfen des Ofens während einiger Zeit (wegen Vornahme von Reparaturen, Mangels an Schmelzmaterial oder Betriebswasser, wegen Sonntagsfeier, wegen Krieges, bei schlechten Conjuncturen, bei Striken u. s. w.) durch Abstellen des Gebläses, Ausschmelzen der Beschickung, Füllen mit Brennmaterial, Verschliessen aller zum Ofen führenden Oeffnungen, zeitweiliges Aufgeben von Brennmaterial und Ausräumen der Asche aus dem Herd.

d) Ausblasen (Ausschuren, Kaltlegen) des Ofens. Dieses kann veranlasst werden durch Zerstörung des inneren Ofengemäuers, starke Ofenbruchbildung, Mangel an Schmelzmaterial oder Betriebswasser oder an Absatz, besondere Unglücksfälle, z. B. Ueberschwemmungen u. A. Man lässt alsdann die Beschickung, ohne neue aufzugeben, mit dem Brennmaterial bei allmählich geschwächtem Winde und zuletzt wohl unter Nachsetzen einiger Gichten leichtflüssiger Schlacken bis zu den Formen niedergehen, sticht die geschmolzenen Massen ab, versetzt das Gebläse in Stillstand, stösst die Vorwand ein und räumt unter Wassergiessen den glühenden Inhalt des Herdes möglichst vollständig aus, worauf der Ofen nach der Abkühlung von etwaigen Ofenbrüchen in oberen Theilen befreit und von Neuem zugemacht wird.

Da bei diesem Verfahren die oberen Ofentheile stark angegriffen werden und bei flüchtigen Metallen ein bedeutender Metallverlust stattfindet, so hat man diese Uebelstände dadurch zu beseitigen gesucht, dass man die niedergehenden Gichten mit Kohlen[2]) oder besser mit Kalkstein, Eisenstein oder Schlacken[3]) nachfüllt. Erscheinen dann diese Massen im Herd, so reinigt man denselben, verstopft alle zum Herd führenden Oeffnungen, lässt aber die Gicht offen und zieht nach dem Erkalten des Ofens dessen Inhalt aus. Dieses ursprünglich für Eisenhohöfen angegebene Verfahren hat man auch mit Vortheil auf Bleiöfen[4]) (mit Kalk und Schlacken) ausgedehnt.

Die Dauer der Schmelzcampagne (Hüttenreise) hängt ab von der Beschaffenheit des Ofenbaumaterials und seiner Kühlung, der mehr oder weniger corrodirenden Eigenschaft der Beschickung, der mehr oder weniger geschickten Betriebsführung u. A. (Alte Okersche Kupferöfen z. B. gehen 3 Tage, Oberharzer Raschetteöfen und Mans-

---

1) B. u. h. Ztg. 1868, S. 206. 2) Bgwfr. S. 14. 3) B. u. h. Ztg. 1868, S. 431; 1870, S. 438; 1871, S. 114. 4) B. u. h. Ztg. 1870, S. 71.

felder Brillenöfen über 1 Jahr, Pilz'sche Bleiöfen 3 Jahre und mehr, Eisenhohöfen über 20 Jahre.) Die Resultate des Ofenbetriebes lassen sich durch graphische Darstellungen [1]) verdeutlichen.

Störungen. Störungen [2]) im Ofenbetriebe können eintreten durch Ausbrennen von Ofentheilen, Uebersetzung mit Beschickung, unrichtige Beschickung, durch unpassendes Brennmaterial, durch Naturereignisse (Ueberschwemmungen, Erdbeben u. s. w.); Explosionen [3]) durch Berührung von flüssigen Metallen, Lechen u. dgl. mit Wasser durch Bildung von Wasserdampf oder Knallgas u. s. w.

C. Flammöfen (Reverberiröfen).

Unterschied zwischen Flamm- und Schachtöfen.

83. Allgemeines. Dieselben [4]) unterscheiden sich von den Schachtöfen dadurch, dass sowohl die Hauptaxe, als auch die Richtung der Verbrennungsgase eine horizontale oder geneigte, dabei geradlinigte oder gekrümmte ist, das feste, flüssige oder gasförmige Brennmaterial bei einer separaten Feuerung nicht mit den zu behandelnden Substanzen, sondern nur dessen Flamme damit in Berührung kommt und die erhitzten Innenwände die Wärme nach dem Arbeitsraume wieder zurückstrahlen (daher Reverberiröfen). Letzterer nimmt die zu behandelnden Massen entweder auf einer horizontalen oder geneigten Ebene (Herd) auf (Herdflammöfen) oder statt des Herdes sind Gefässe (Kessel u. s. w.) vorhanden.

Die zu behandelnden Massen verändern meist ihren Ort nicht und die Flamme zieht darüber hinweg, nur zuweilen bewegt man nach dem Gegenstromprincip die Substanzen der Wärmequelle entgegen (Fortschaufelungsöfen) oder lässt sie fest oder flüssig auf geneigten Ebenen den Verbrennungsgasen entgegengleiten (Moser's Eisenerzröstöfen, Staffordshireöfen zum Umschmelzen des Roheisens). Sie gewähren vor den Schachtöfen nachstehende Vortheile: grössere Uebersichtlichkeit des Betriebes, Anwendbarkeit rohen Brennmaterials, Entbehrlichkeit eines Gebläses, leicht genau abzumessender Umfang der Chargen, grössere Durchsetzquanten in gleichen Zeiten unter gewissen Umständen und die Vortheile einer beliebig langen oxydirenden oder reducirenden Wirkung oft unter Ersparung von kostspieligen Zuschlägen (Bleiflammofenprocess); dagegen findet in den gewöhnlichen Flammöfen eine minder vollständige Ausnutzung der Wärme und überall keine so hohe Temperaturentwicklung anhaltend statt (geringerer pyrometrischer Wärmeeffect roher Brennstoffe, hauptsächlich Wirkung der strahlenden Wärme), es bedarf einer oft kostspieligen Esse (oder dafür eines Unterwind liefernden Gebläses) und eines meist theuren Ofenbaumaterials für Hervorbringung höherer Temperaturen. Behufs vollständigerer Brennstoffausnutzung verwendet man die abziehende Wärme u. A. zur Erhitzung der Verbrennungsluft (Oefen von Ponsard, Boëtius und Bicheroux),

1) Dingl. 227, 459. B. u. h. Ztg. 1876, S. 401. 2) B. u. h. Ztg. 1859, S. 399; 1865, S. 159. v. Kerpely's Fortschr. 2, 131; 3, 102; 4, 95. 3) B. u. h. Ztg. 1867, S. 438; 1871, S. 299, 331. 4) Gruner-Kupelwieser, Abhandl. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 265 u. 447. Ledebur, die Oefen f. metallurg. Processe 1878, S. 62. Ders., die Verarbeitung der Metalle auf mechan. Wege 1877, S. 233, 363.

oder auf festes Brennmaterial (Price's Retortenofen) oder auf Verbrennungsluft und brennbare Gase zugleich behufs Erzeugung der höchsten Temperaturen (Siemensregenerativöfen), oder zur Dampferzeugung u. dgl. Auf die Höhe der Temperatur influirt bei gasförmigen Brennstoffen noch besonders die mehr oder weniger innige Mischung von Gas und Luft. Lange, minder heisse Flammen erfolgen durch parallele Ströme und Ausströmung durch weniger enge Oeffnungen; heisse Stichflammen durch Einblasen von Gebläsewind unter einem Winkel ins Gas, heisse lange Flammen, wie beim Siemensofen, durch alternirende Ströme von Gas und Luft. Den Uebelstand, dass die Erhitzung der Massen auf dem Herde nur von oben geschieht und die Herdsohle noch Wärme entzieht, vermeidet man wohl dadurch, dass man beim Schmelzen von Metallen diese auf die höchste Stelle der geneigten Herdsohle bringt, welche sich dann erhitzen kann. Meist begnügt man sich mit einem Wenden, Umschaufeln oder Rühren der Materialien mit der Hand, ersetzt dieses auch wohl durch Anwendung von sehr wirksamen, aber in ihrer Beschaffung kostspieligen Rotiröfen, welche ein immer nur kurze Zeit unterbrochenes Wiedererhitzen der vorher bedeckt gewesenen Herdsohle zulassen.

Anwendbarkeit.

Bei Röstprocessen[1]) gestatten Flammöfen im Vergleich mit der Haufen- und Stadelröstung eine wesentliche Abkürzung der Röstzeit, vollständige Röstung, die Verringerung der Verluste an Zinsen und Metall und Unabhängigkeit von der Witterung; dagegen sind sie aber hinsichtlich der Arbeitslöhne und Brennmaterialkosten meist theurer.

Wärmeverluste.

Wie bereits (S. 208) erwähnt, finden in Flammöfen grössere Wärmeverluste statt, als in Schachtöfen. Nach Peclet kommen nur $^1/_8$ bis $^1/_{10}$ der entwickelten Wärme zum Effect wegen nicht so vollständiger Vorerwärmung der Materialien, raschen Abzuges der Flamme nach dem Schornstein, Wasserdampfbildung aus dem rohen Brennstoff, Wärmeausstrahlung vom Gewölbe u. s. w. Die Höhe der in dem Arbeitsraum zu erzeugenden Temperatur hängt ab von dem absoluten Wärmeeffect des Brennmaterials (S. 77), dem Gewicht der in einer gewissen Zeit verbrannten Brennstoffmenge (nach Gruner stündlich und pro qm Rostfläche bei Röstöfen für geschwefelte Erze 15—40, bei stationären Dampfkesseln 40—100, bei Bleierz- Röst- und Schmelzöfen 60—80, bei Kupfererzschmelzöfen 75—150, bei Eisen- und Stahl-Puddelöfen 100—150, bei Eisenschweissöfen 150—200, bei Stahlschmelzöfen 200—400, bei Locomotivfeuerungen 400—500 kg) und dem Verhältniss der unter Berücksichtigung dieser beiden Factoren in der Stunde entwickelten Calorien zum Volumen des Arbeitsraumes. Je kleiner letzterer bei einer gegebenen Anzahl Calorien, um so höher ist die Temperatur in demselben. Je nachdem, durch den Luftzug zu regeln, der Arbeitsraum allmählich und fortgesetzt oder rasch und intermittirend erhitzt werden soll, ergiebt sich nach Gruner das Verhältniss der Anzahl der Cubikmeter des Arbeitsraumes zu jedem per Stunde verbrannten metrischen Centner Kohle oder Cokes oder für je in dieser Zeit erzeugte 800,000 Calorien wie folgt:

---

1) B. u. h. Ztg. 1863, S. 92.

Oefen mit allmählicher Erhitzung:

Cementstahlofen mit 2 Kisten (Loire)	30.0 cbm
Schlesischer Zinkofen zu Valentin-Coq . . .	9.4 „
Belgischer Zinkofen	5.8 „
Kupfererzröstofen zu Swansea	30.0 „
Blenderöstofen zu Welkenrädt	38.5 „
Bleierzröstofen zu Pontgibaud	6.9 „

Oefen mit rascher Erhitzung:

Kupfersteinschmelzofen zu Swansea	2.9 cbm
Kupferraffinirofen „ „	2.2 „
Rohsteinofen zu Freiberg	0.84 „
Zinnerzschmelzofen	1.60 „
Bleierzschmelzofen, englischer	2.40 „
Schweissofen	1.9 „
Gewöhnlicher Puddelofen	1.0—1.15 „
Puddelofen zum Heisspuddeln	0.65—0.80 „
Roheisen-Umschmelzofen	0.50 „
Tiegelgussstahlofen	0.30 „
Stahlschmelzofen	0.20—0.15 „

Es nähern sich diese Verhältnisse bei den beiden Ofenarten denjenigen der Schachtöfen (S. 243), je nachdem letztere mit Zugluft oder Gebläseluft betrieben werden. Als Mittel zur Beförderung der Wärmeabgabe an die zu erhitzenden Stoffe empfehlen sich u. A. geringe Höhe der Aufschüttung, Wenden, Rühren oder Fortschaufeln und zackige Form der Stücke.

Dürre [1]) berechnet, dass bei einem Flammofen zum Umschmelzen des Roheisens entwickelt wurden

von 2866.5 Pfd. Kohlenstoff 147.0 „ Wasserstoff	in 5 Stunden		27,930,000 Wärmeeinh.
Davon absorbirten:			
Brennstoff	5,168,000		
Wasserdampf	712,000		
Roheisen	2,771,000		
Ofenwände	6,438,460		
Esse	5,064,606		
Abziehende Gase . . .	2,383,344		22,537,410 „

für Strahlung des Ofenkörpers u. s. w. bleiben mithin 5,392,590 Wärmeeinh., oder wenn man diese Wärmevertheilung in grössere Gruppen nach den hauptsächlichsten Ofenzonen theilt:

Im Feuerraum . .	5,880,000 Wärmeeinh.
„ Ofen	14,602,050 „
In der Esse . . .	5,064,606 „
In der freien Luft .	2,383,344 „
Zusammen	27,930,000 Wärmeeinh.

Die Wärmemengen und daraus resultirenden Temperaturen der Gase sind in abnehmender Reihe:

Theoretische Wärme .	27,930,000 W.-E.	und	2813° C.
Ueber der Feuerbrücke	22,050,000 „	„	2220.9 „
Hinter dem Fuchse . .	7,447,950 „	„	750 „
Ueber der Esse . . .	2,383,344 „	„	240 „

Sonst noch hat man den Verlust an Wärme in Essengasen durch verloren gehendes Kohlenoxydgas zu 48 Proc., denjenigen durch Verrussung in den Feuerungen zu 1 Proc. gefunden.[2]) Vogl[3]) hat interessante Vergleiche über die Wärmeverwendung beim Schmelzen im Hohofen und Flammofen mitgetheilt. Der Wärmeeffect beträgt nach demselben bei einem Flammofen 6 Proc., beim Schachtofen 15 Proc. Thompson[4]) giebt an, dass bei Kesselfeuerungen $^{6}/_{15}$ Kohle zur

1) Dingl. 200, 188. 2) v. Kerpely, Fortschr. 2, 55. 3) B. u. h. Ztg. 1865, S. 45. 4) Polyt. Centr. 1866, S. 150.

Dampfbildung verwendet werden, $^1/_{15}$ zur Erzeugung des Zuges im Schornstein nöthig ist und $^8/_{15}$ derselben verloren gehen.

Nach Gruner[1]) machen Flammöfen für Tiegelstahlschmelzung 2—3 Proc., Siemensöfen mit Tiegeln nicht über 3.5 Proc., Bessemerconverter 11—14 Proc., Flammöfen zum Eisenschweissen und Rohsteinschmelzen in Kupfer- und Silberhütten 8 Proc., Ponsardöfen und Flammöfen mit langem Herd 16 Proc. und solche mit Regenerativsystem 20 Proc. der entwickelten Wärme nutzbar. Ledebur giebt für den Hoffmann'schen Ringofen 58 Proc., für den Siemens'schen Herdofen 16—17 Proc., für den Ponsardofen 14 Proc. und für Oefen ohne Benutzung der Abhitze (Schweiss-, Puddel-, Schmelzöfen u. s. w.) 8—10 Proc. an. Dass der Siemensofen den Schachtöfen mit beweglichem Inhalt nicht gleichkommt, hat seinen Grund hauptsächlich im Wärmeverlust durch Essenzug, durch die grösseren Ofenwände und wegen geringerer Berührungsfläche der Wärmequelle und der zu erhitzenden Substanzen.

Anwendbarkeit.

Für die Anwendung eines Flammofens sind hauptsächlich massgebend: das Vorhandensein eines billigen und guten rohen Brennmaterials (englischer Blei-, Zinn- und Kupferhüttenprocess), der nothwendige Ausschluss einer Berührung von Brennmaterial mit der zu behandelnden Substanz bei Oxydationsprocessen (Rösten, Abtreiben des Bleies, Raffiniren des Kupfers, Puddeln des Roheisens, Bleiflammofenprocesse), grosse Production in einer gewissen Zeit (Umschmelzen des Roheisens), feiner Aggregatzustand der Erze (Röstung von Galmei, Eisenstein, Bleiglanz u. s. w.).

Classification.

Man theilt die Flammöfen in Zug- und Gebläseflammöfen, je nachdem die in denselben zu behandelnden Substanzen einer Zuführung von Gebläseluft bedürfen (Treibofen, grosser Gaarherd) oder nicht (Oefen, bei welchen ein Unter- oder Oberwind lieferndes Gebläse zum Verbrennen des festen oder gasförmigen Brennmaterials vorhanden ist, werden hier nicht mit Gebläseöfen bezeichnet); je nach dem Zwecke ihrer Anwendung in Röst- und Schmelzöfen; je nach der Heizung derselben mit festem Brennmaterial oder mit Gasen in Oefen mit directer und indirecter Feuerung (Gasflammöfen); in einfache und Doppel-, selbst Tripel- und Quadrupelöfen mit mehreren Herdräumen über einander zur bessern Ausnutzung der Wärme. Obgleich mehr für Oxydationsprocesse geeignet (kräftiger Essenzug, Einführung von Luft durch die Arbeitsthüren, durch Canäle hinter der Feuerbrücke und durch ein Gebläse), lassen sich in Flammöfen auch reducirende Wirkungen hervorbringen durch möglichste Schwächung des Luftzutrittes, Erzeugung einer kohlenstoffreichen Flamme durch starkes Beschüren des Rostes und Bedecken der zu verarbeitenden Substanz im Herde mit Kohle (Kupferraffiniren). Die Flammöfen haben meist nur einen intermittirenden Betrieb, doch hat man neuerdings auch Röstöfen mit continuirlichem Gange construirt (z. B. von O'Hara[2]) und Keith[3]), Fortschaufelungsöfen).

Ofentheile.

Ofentheile.[4]) Dieselben sind:

Fundament.

a) Das Fundament, welches bei tiefer Ofenlage den Aschenfall enthalten kann und häufig dadurch hergestellt wird, dass man

1) Ann. d. min. 1875, S. 182. 2) Küstel, Roasting. 1870, p. 46, 97. B. u. h. Ztg. 1869, S. 282. 3) Ebend. 1865, S. 117; 1869, S. 129; 1870, S. 417, 433. Bode, Schwefelsäurefabrikation, S. 36. 4) Ueber Flammofenconstructionen u. s. w. siehe Karsten's Eisenhüttenkunde 3, 339. Dürre, Handb. d. Giessereibetriebes 1, 427. Guettier, Traité de la fonderie etc., *S. 191.* *Kerl, Met. 1, 472.*

die Sohle entweder bis zum festen Gestein oder $^1/_2$—$^3/_4$ Meter tief ausgräbt und ein Gewölbe in gewöhnlicher Mauerung aufführt, dessen Scheitel nahezu die Hüttensohle erreicht und welches man oberhalb mit Mauerung ausfüllt, auf welcher der Grund des Ofens gebildet und die Seitenmauerung aufgeführt wird.

b) Der Ofenkörper mit dem Feuerungsraume und Arbeitsraume. Ersterer — bei den eigentlichen Flammöfen meist unmittelbar neben dem letzteren gelegen (Fig. 219), während derselbe bei den Flammschachtöfen (S. 225) unter der durchlöcherten Sohle sich befindet oder mehrere seitliche, in mehr oder weniger grosser Entfernung liegende Feuerungen vorhanden sein können — steht mit der äusseren Luft durch den Rost, der Arbeitsraum mit dem Feuerungsraum durch das Flammenloch über der Feuerbrücke und dann mittelst des Fuchses mit einer verticalen Leitung, der Esse, in Verbindung. Ofenkörper.

Häufig vorkommende Verhältnisse zwischen diesen Ofentheilen sind folgende: Verhältniss der freien zur totalen Rostfläche $\frac{1}{2.5}$ bis $^1/_3$, Fuchsquerschnitt = $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ der totalen Rostfläche, Flammloch = 0.3—0.7, durchschnittlich 0.5 der totalen Rostfläche.

c) Die Esse, welche letztere dem Verbrennungsraum die Luft zuführt und das Entweichen der Verbrennungsproducte, von Dämpfen u. s. w. gestattet. Die inneren Ofentheile (Futter) sind entweder von einem Rauhgemäuer umgeben oder gegen das Zerreissen und Zerstören durch eine Armatur von Eisenplatten (Mantel) und Ankern geschützt, indem man die Platten, damit sich das Gemäuer ohne Gefahr ausdehnen kann, nicht durch Schrauben und Flantschen zu einem Ganzen vereinigt, sondern mit ihren Rändern stumpf gegen einander treten lässt, so dass einige Millimeter Spielraum dazwischen bleiben. Esse.

Durch das Feuer auf dem Roste wird die Luft im Ofeninnern gezwungen, in Folge ihrer Ausdehnung aus dem Ofen zu treten. Geschieht dieses Austreten der Luft und der Verbrennungsgase direct ins Freie ohne Widerstand, so wird eine nicht so hohe Temperatur erzielt, als wenn man dieselben durch einen engen Canal (Esse) entlässt. Dieser bringt in Folge des Uebergewichtes des Druckes der kalten Atmosphäre gegen den der inneren erhitzten Luft Zug[1]) hervor, d. h. ein Nachströmen der heissen Gase aus dem Feuerungsraum in den Herdraum und der kalten atmosphärischen Luft durch den Rost in ersteren. Die Grösse des Zuges wird durch Temperatur und Höhe der von der erhitzten Luft gebildeten Säule bestimmt; sie nimmt ab und erschwert dadurch die Zunahme der Temperatur im Schmelzraume, wenn die Ausflussöffnung zu gross ist, indem sich dann die Temperaturdifferenzen zwischen den glühenden Verbrennungsgasen und der kalten atmosphärischen Luft rascher ausgleichen. Die intensivste Erhitzung des Schmelzraumes findet nur bei einem gewissen Verhältniss zwischen Ausströmungsöffnung (Essenquerschnitt) und Rostquerschnitt statt. Gewöhnlich macht man erstere etwas weiter, als die Beschaffenheit und Quantität des in einer bestimmten Zeit verbrennenden Materials eigentlich verlangt, und beseitigt dann den Nachtheil dieser grösseren Weite durch den Fuchs, einen von dem Arbeitsraum zur Esse führenden Canal, enger als letztere oder gleich weit und durch ein Register mehr oder weniger zu verengern.

Ausser durch Essen lässt sich der Zug durch Unterwind, Exhaustoren und Dampfstrahlvorrichtungen beleben.

1) List's Zugmesser in Dingl. 171, S. 43. B. u. h. Ztg. 1864, S. 176.

Bei Unterwind gebraucht man nach Rankine die $1^1/_2$ fache, bei Essen die doppelte Luftmenge der theoretischen und bei ersterem wird im Arbeitsraum der Luftdruck durch die Feuer- und Arbeitsthüren aufgehoben, während derselbe um so grösser wird, je lebhafter der Zug in der Esse und das zugeführte Luftvolum mehr Schwankungen unterworfen ist. Namentlich wenn bei offenen Arbeitsthoren im Ofen gearbeitet werden muss (Abtreiben), kann Unterwind vortheilhafter sein, indem sonst die von dem Schornstein durch die Arbeitsöffnungen angesogene Aussenluft das Metallbad abkühlen kann. Um das Saugen der Essen während des Schürens, Oeffnens der Arbeitsöffnung u. s. w. zu verhüten, muss man für diese Zeit die Essen verengern oder durch die Klappe schliessen, damit auch nicht eine unerwünschte Oxydation eintritt. Zuweilen bedient man sich der saugenden Essen nur zur Entfernung von Metalldämpfen. — Soll auf das Product im Ofen oxydirend eingewirkt werden (Rösten, Abtreiben, Kupferraffiniren), so wird entweder eine dünnere Brennmaterialschicht auf den Rost gebracht, oder, wenn dadurch die Verbrennung ungleichförmig werden sollte, Zugluft durch die Arbeitsthüren oder durch Canäle zur Seite der Feuerbrücke oder Gebläseluft durch Formen zugeführt. Soll reducirt werden, so verstärkt man die Dicke der Brennstoffschicht, womit dann aber ein Sinken der Temperatur in Folge eintretender trockener Destillation und Bildung von Kohlenoxydgas statt Kohlensäure eintritt. Nach Thompson[1]) liegt die heisseste Stelle im Feuerraum 52—78 mm über dem Rost, weshalb man denselben nie über 105 mm und nicht unter 52 mm hoch beschicken soll.

Im Nachstehenden soll von den hauptsächlichsten Ofentheilen kurz die Rede sein.

Feuergewölbe. **84. Feuerungsraum.** Der aus feuerfestem, schlecht wärmeleitendem Material hergestellte gewölbte Raum enthält bei directer Feuerung mit festem Brennmaterial (von der Gasfeuerung und der Feuerung mit flüssigen Brennstoffen war auf S. 141 und 68 die Rede) und bei quadratischem, oblongem oder seltener trapezoidalem Querschnitt nachstehende Theile und Oeffnungen:

Roste. Rost.[2]) Selten verbrennt man den Brennstoff auf einer soliden Unterlage (todter Rost ohne Fugen), wie zu Unterkochen bei Puddelöfen mit Holzfeuerung und in spanischen, mit Gestrüppe geheizten Bleiflammöfen[3]); meist wendet man und zwar je nach der Beschaffenheit des Brennmaterials Roste an, welche im Allgemeinen nachstehende Bedingungen zu erfüllen haben: dieselben müssen die genügende Menge Luft durchlassen, es darf nicht zu viel Kohle zwischen den Fugen durchfallen, die Reinigung muss leicht sein und der Rost muss die grösste Dauer besitzen, d. h. er soll sich nicht verziehen, nicht schmelzen oder verbrennen.

Meidinger[4]) hat an einer Reihe neuerer Rostconstructionen nachgewiesen, in welcher Weise sie diesen Bedingungen mehr oder weniger entsprechen.

Für hüttenmännische Zwecke wendet man gewöhnlich an:

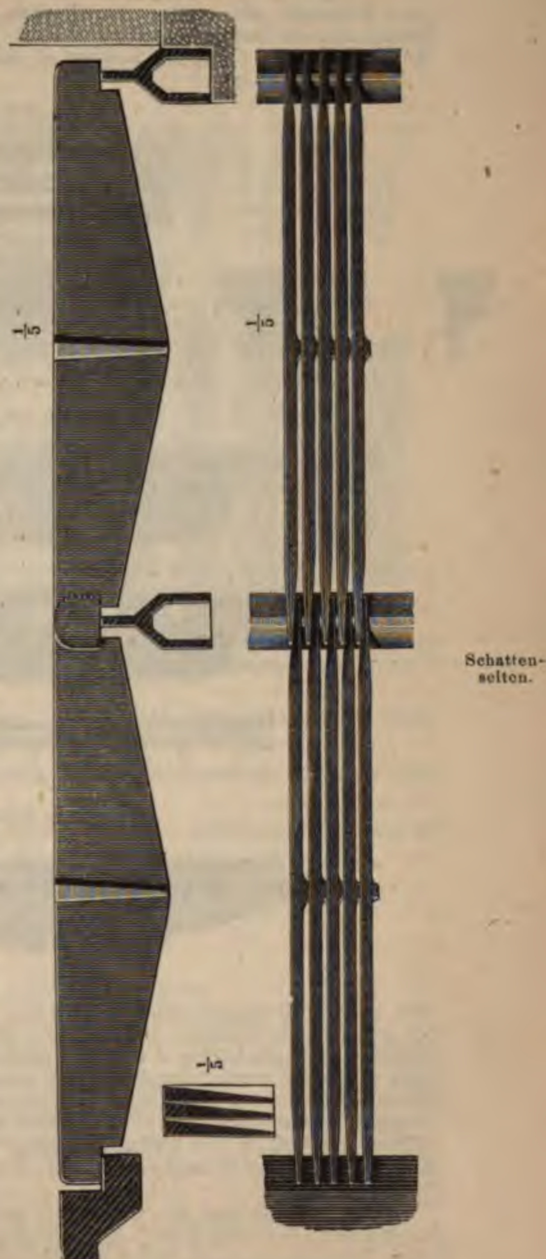
Planrost. 1) Planroste (Fig. 198—200), auf eisernen Rostbalken in Zwischenräumen ruhende schmiedeeiserne oder gusseiserne quadratische

---

1) Deutsche Ind.-Ztg. 1865, No. 48. 2) Rostconstructionen: Scholl, Führer des Maschinisten. Knapp's chem. Technol. 1, 314, 327. Grothe, Brennmaterialien 1870, S. 347. Seyferth in Ztschr. d. sächs. Ing.-Ver. 1860, Heft 2 (Preisschrift). Gruner-Kupelwieser, Abhandl. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 448. v. Reiche, Anlage und Betrieb von Dampfkesseln 1876, S. 58. Wochenschr. d. Ver. deutscher Ing. 1877, No. 6 (Elsässer). v. Kerpely, Fortschr. der Eisenh.-Technik, 1.—11. Jahrg. Glaser's Ann. für Gew.- u. Bauwesen 1878, S. 181; 1879, No. 37 (Bède). Meidinger in Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 22, 213, 385; *Wochenschr.* d. Ver. deutsch. Ing. 1878, No. 37. 3) Kerl, Met. 2, 59. B. u. h. Ztg. 1863, *S. 279. Berggeist* 1863, S. 45. 4) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878, 22. Bd., S. 206.

oder oblonge Stäbe (Traillen), seltener aus gebrannten Thonbalken oder gemauerten Bogen (Gurtenroste, Fig. 225) hergestellt; horizontal oder mit etwas Ansteigen nach vorn oder hinten liegend und die hinteren Zwischenräume sich wohl allmählich erweiternd; die Roste seltener auf dem Rostbalken festliegend, als zur Entfernung der Asche hin- und herbeweglich oder mittelst eines Schlüssels behuf Regulirung des Luftzutrittes drehbar; Zwischenräume je nach der Grösse der Stücke und der Aschenbeschaffenheit verschieden (gewöhnliche Kleinkohle bei Kesselfeuerungen 8—10, bei reiner sehr kleiner Kohle bis 6—5 mm weiter, bei Holz und aschenarmem Torf engerer Rost; Dicke der Steinkohlenschicht bei sehr starkem Zug- oder Unterwind 150—200, selbst 250—300 mm); Verhältniss der wirksamen zur gesammten Rostfläche zwischen 1 : 3 und 1 : 6 (bei Steinkohlen etwa $^1/_4$, bei Holz und Torf $^1/_5$ — $^1/_7$). — Uebelstände: Durchfallen kleiner, durch Aufbereitung aber zu reinigender Stücke (bis zu 20 Proc.) durch den Rost (Cinder-, Braschenbildung), Rauchbildung bei zu hoher Brennmateriallage und namentlich beim Schüren durch Abkühlung, also unvollständige Ausnutzung besonders von Brennmaterialklein, unsichere Regulirung des Luftzutrittes, namentlich Luftüberschuss, Complicirtheit der Verbrennungserscheinungen, da bei Anwendung roher Brennstoffe gleichzeitig Destillation und Verbrennung stattfindet. Entfernung der Roststäbe, Dicke und Dichte der Brennmaterialschicht beeinflussen die Verbrennung.

Fig. 198, 199 u. 200.



Schattenseiten.

Modificationen.

Zur vollkommeneren Verbrennung des Brennmaterials auf Planrosten sind u. A. nachstehende Mittel in Anwendung gekommen:

a) Erhitzung der Verbrennungsluft.

Roststäbe mit verlängerten Backen zur Herstellung grösserer Berührungsflächen mit der Luft (**Fischbauchrost**[1])), z. B. **Harrison's** Rost für magere Kohlen (Fig. 201—204) mit höheren *a'* und niedrigeren Traillen *a*, welche letztere

Fig. 201, 202, 203 u. 204.



Fig. 205, 206, 207 u. 208.



Fig. 209 u. 210.



dem Systeme Festigkeit geben; **Johnson's** Rost für fette Kohlen (Fig. 205—208), bei welchem die zwischen den Backen *a* und *b* erwärmte Luft durch runde, gegen einander versetzte Löcher *d* in die eigentlichen Rostspalten tritt, sich hier mit der Luft vermischt, welche direct in die Rostspalten eintrat, und mit dieser vereint ins Brennmaterial zieht, *c* Auflager; **Robertson's** Rost (Fig. 209 u. 210): *a* und *a'* Wangen, *b* durchlöcherter Einsatz aus Gusseisen oder Thon dazwischen. — Erhitzung der Luft in den hohlen Roststäben[2]) oder Röhren unterhalb des Herdes[3]); **Klinker- oder Schlackenroste**[4]) für staubförmiges Brennmaterial mit An-

1) Oest. Ztschr. 1857, S. 172. B. u. h. Ztg. 1868, S. 415. Dingl. 184, 113 (Hill). 2) B. u. h. Ztg. 1868, S. 19, 415; 1869, S. 184; 1873, S. 109; 1877, S. 376. v. Kerpely, Fortschr. 5, 167; 1869, S. 44. 3) B. u. h. Ztg. 1879, S. 12 (Fabre's Flammofen). 4) Le Play, Waleser Kupferhüttenprocesse 1851, S. 34, 54, 78, 82. B. u. h. Ztg. 1857, S. 23; 1869, S. 164.

häufung von Asche in Schwammform (nicht geflossen) auf dem Rost, bei deren Durchstreichen sich die Luft erhitzt; heisse Luft und überhitzter Dampf in Lemut's Puddelofen [1]) u. A.

b) Möglichst vollständige Vertheilung der Verbrennungsluft.

Roste aus kurzen, dünnen Stäbchen (Mehl [2]), Knoblauch [3]), Wolf [4])), Quereinschnitte [5]) auf der Oberfläche oder hervorragende Schneiden, auf denen das

Fig. 211.



Fig. 212.



Fig. 213.



Brennmaterial ruht (Fig. 211, ferner 212. 213), Tupper's Roststäbe [6]) mit vielen Durchlöcherungen, Ludwig's Rost [7]) mit Steg und conischen Rippen daran, Radison's verticaler Rost [8]), Korbroste, Kegelroste.

c) Gleichzeitige Verbrennung von rohem und verkohltem Brennmaterial.

Doppel- und Tripelroste neben [9]) oder über einander [10]), auf deren einem das rohe Brennmaterial verbrennt und auf dem anderen durch eine dünne Schicht glühenden, bereits verkohlten Brennmaterials Verbrennungsluft in Genüge hindurchzieht und sich dabei erhitzt.

d) Unterwind bei enggelegten Traillen [11]) oder perforirten Gusseisenplatten (Müller's Heizpult, S. 180).

e) Mechanische Schürvorrichtungen zur gleichmässigen Vertheilung des Brennstoffes. [12])

Schüttelpulte, Quetschwalzen mit Trichter darüber, aufsteigende Speisung mit Schraube [13]) oder Schnecke (Knapp c. l.).

f) Vorrichtungen zum selbstthätigen Reinigen des Rostes.

Bewegliche [14]), rotirende [15]), Schüttel-, Kipp- [16]), Kettenroste [17]) u. s. w. (Knapp c. l.).

g) Kühlung der Roststäbe.

Hohle Roststäbe mit Wasser- [18]) und Luftkühlung. [19])

---

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 345. 2) Dingl. 199, 437. 3) B. u. h. Ztg. 1877, S. 447. Grothe, polyt. Ztschr. 1876, No. 6. 4) Dingl. 227, 519. 5) B. u. h. Ztg. 1861, S. 439; 1873, S. 27. 6) B. u. h. Ztg. 1873, S. 83. 7) Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878, No. 16. 8) B. u. h. Ztg. 1874, S. 475. 9) B. u. h. Ztg. 1856, S. 213; 1868, S. 172. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 13, 333; 11, 661. v. Kerpely, Fortschr. 4, 143; 7, 98. 10) B. u. h. Ztg. 1857, S. 18; 1859, S. 398, 469; 1860, S. 255, 284, 487; 1861, S. 439; 1864, S. 215; 1866, S. 44, 52; 1867, S. 159, 192, 208, 291, 339. 11) B. u. h. Ztg. 1857, S. 172; 1878, S. 206, Taf. 4, Fig. 1. 12) Grothe's polyt. Ztschr. 1873, No. 40 (Dillwyn-Smith). 13) Bgwfr. 13, 414. 14) B. u. h. Ztg. 1873, S. 75 (Zeh); 1875, S. 386 (Rowland); 1874, S. 283 (Pratt). Annales des mines 1878, Vol. 13, p. 527 (Schmitz). Dingl. 229, 128 (Mac Dougall). 15) Iron 1876, Vol. 7, No. 199. Armengaud, traité des moteurs à vapeur, Vol. 1, p. 236. Dingl. 216. 198. Ann. d. min., 3 livr. de 1878, p. 527 (Schmitz). v. Kerpely, Fortschr. 5, 168. 16) B. u. h. Ztg. 1868, S. 357. 17) Polyt. Centr. 1854, S. 249. 18) v. Kerpely, Fortschr. 1869, S. 69. B. u. h. Ztg. 1873, S. 91. 19) B. u. h. Ztg. 1877, S. 376.

Schüröffnung.

Die Schüröffnung (Schürloch, Schürgasse) für die Planroste liegt entweder zur Seite des Rostes (Fig. 235) und ist durch eine in Angeln gehende verticale Thür oder besser einen schrägen auf- und niederbeweglichen Schieber (Fig. 94) geschlossen, vor welchem ein mit Brennstoff gefüllter, die Luft absperrender Trichter (auch wohl dieser allein ohne Schieber, aus welchem man die Kohle mit einer Krücke langsam unter die Masse auf dem Roste schiebt, was aber nur bei kleinen Rosten und reinen Kohlen angeht). Ist gleichzeitig der Rost nach der Feuerbrücke zu geneigt, so erzeugt sich in der tiefern dickeren Brennstoffschicht Kohlenoxydgas, welches durch die sich durch die obere dünnere, heisse Schicht ziehende Luft gut verbrannt wird. Weniger Uebung verlangt das Schüren durchs Gewölbe, indem ein über dem Schürloch befindlicher, mit Schieber (wie in Fig. 92), oder Kegel (Fig. 93) versehener Cylinder immer eine nahezu gleiche Menge Brennmaterial entlässt.

Aschenfall.

Der Aschenfall oder Aschenkasten unter dem Roste muss hinreichend geräumig zur Aufnahme der Asche und Cinder, sowie zum Räumen des Rostes und behuf Regulirung des Luftzutrittes mit einer Reiberthür versehen, bei Unterwind dicht verschliessbar sein. Bei erforderlichem starken Luftzuge mündet unter den Aschenfall ein mit der Aussenluft communicirender Canal. Damit die glimmenden Cinder der Verbrennungsluft den Sauerstoff nicht entziehen, lässt man sie in einen Wassersumpf auf der Aschenfallsohle fallen und leitet wohl die dabei gebildeten Wasserdämpfe durch eine Esse vor dem Aschenfall ab oder zwischen die Roststäbe.

Diese werden dadurch gekühlt und in Folge dessen auch die darauf liegende Asche, welche alsdann den Rost weniger verschmiert, sowie den Luftzutritt und das Ausschlacken begünstigt. Diesem directen Vortheil gegenüber wird die Heizkraft des Brennstoffs durch die Wasserdämpfe nicht vermehrt, indem bei Zersetzung des Wasserdampfes durch glühende Kohle hauptsächlich in Kohlenoxyd und Wasserstoff neben etwas Kohlensäure mindestens eben so viel Wärme gebunden wird, als bei der nachherigen Verbrennung dieser Gase entsteht. Der Wasserdampf erzeugt aber eine längere Flamme gebende Gase (S. 19, 66, 69, 241).

Die Asche fällt entweder von selbst durch den Rost (bei Holz und Torf), oder und meist frittet sie auf demselben mehr oder weniger zusammen und wird durch Räumhaken von unten zwischen den Rostspalten herausgeholt oder man zieht einzelne Roststäbe heraus. Auch können mechanische Vorrichtungen, wie Schüttelroste, die Schlacken selbstthätig entfernen (S. 279).

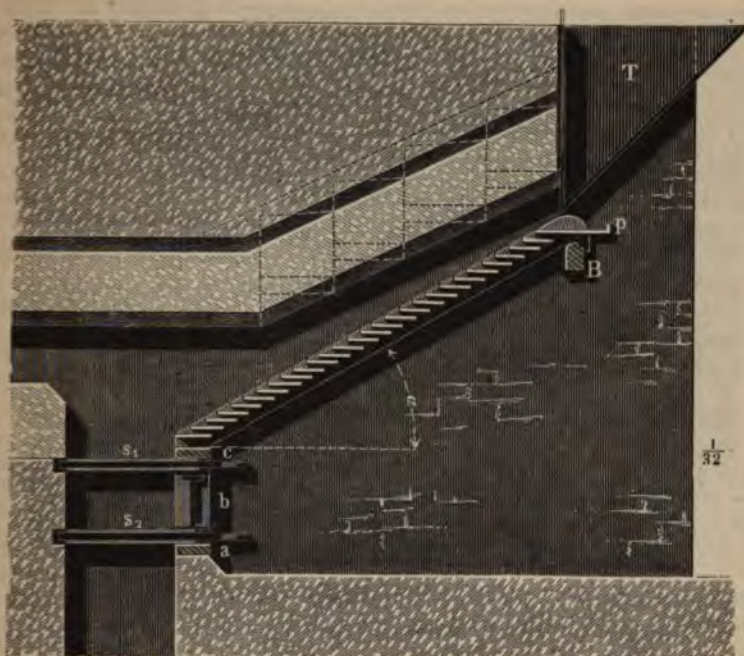
Treppenrost.

2) Treppen- oder Stufenroste[1]) (Fig. 214), treppenförmig über einander gelegte, auf den Balken B und c ruhende Eisenplatten, seltener Thonplatten[2]), mit Zwischenräumen und einer Neigung von etwa 40°, letztere aber je nach der Beschaffenheit des Brennstoffes variabel. T Fülltrichter. p Schürplatte. s_1 durchlöcherter und s_2 solider Schieber, durch ein Teisen b haltbar gemacht und letzterer auf dem gusseisernen Balken a ruhend. f Feuerbrücke. g Flammloch. Diese Roste gestatten ein selbstständiges Nachschüren des Brennstoffs, wobei keine kalte Luft durch die Schüröffnung mit ein-

1) Kerl, Met. 1, 182. Schles. Wochenschr. 1859, No. 50; 1861, S. 249. Preuss. Ztschr. 8, 121. *Dingl.* 154, 89. Oest. Ztschr. 1859, S. 299; 1860, S. 398. v. Kerpely, Fortschr. 11, 58. *v. Reiche* c. l., S. 77. 2) B. u. h. Ztg. 1866, S. 364. v. Kerpely, Fortschr. 3, 148.

dringt, die Anwendung eines feinen und aschenreicheren Brennmaterials (Torf, Braunkohlen, mageres, nicht fettes Steinkohlenklein) in

Fig. 214.



nicht zu dicken, gleichmässig bleibenden Lagen bei ziemlich rauchloser Verbrennung, bequemes Ausräumen der Asche durch die Rostspalten, seitlich oder von unten; Cinder fallen weniger durch den Rost. Dagegen tritt beim Schüren des kalten Brennmaterials auf das glühende Abkühlung und Rauchbildung ein und das mit einer grösseren Eisenmasse in Contact befindliche Brennmaterial kühlt sich stärker ab, als auf einem Planrost.

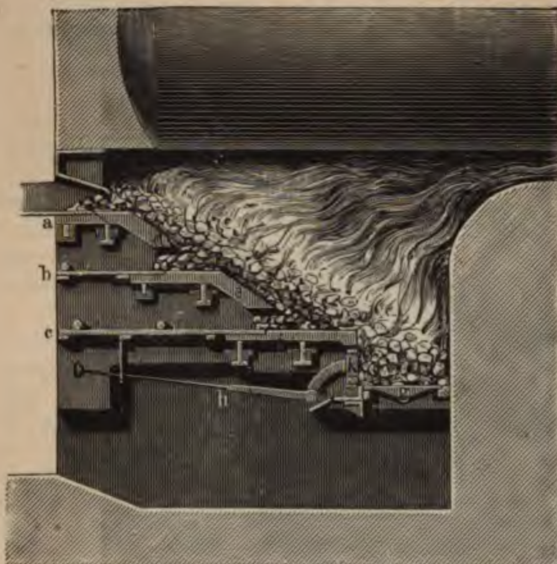
Als Modificationen dieses Rostes sind zu bezeichnen: Anwendung von Unterwind [1]) zur vollständigen Verbrennung des feinsten Brennmaterials; ununterbrochene Beschüttung [2]), Veränderung der Grösse der Rostfläche [3]), Verbindung des Treppenrostes mit einem horizontalen Rost. [4])

3) Etagenroste [5]) (Fig. 215). *a*, *b* und *c* eiserne Treppen mit etwa 28° geneigten Rosten *d* und *e* und einem horizontalen Rost *f*. *g* horizontaler Rost zur Aufnahme der Asche, durch die mittelst Hebels *h* zu öffnende Thür *k* auszuräumen. Der Rost gewährt dieselben Vortheile, wie der Treppenrost, aber das Einschüren des Etagenrost.

1) Oest. Ztschr. 1859, S. 65. Dingl. 148, 137; 151, 240. B. u. h. Ztg. 1861, S. 262; 1871, S. 282. 2) B. u. h. Ztg. 1861, S. 364. 3) B. u. h. Ztg. 1868, S. 250. 4) Polyt. Centr. 1856, S. 1530. 5) Dingl. 158, 241. Schles. Wochenschr. 1861, S. 250, 326. Oest. Ztschr. 1861, S. 308, 390. B. u. h. Ztg. 1861, S. 308, 380, 390, 483; 1862, S. 212; 1863, S. 116, 272. Berggeist 1860, No. 67, 73, 74. v. *Reiche*, Dampfkessel, S. 83. Rev. univers. 1878, Tom. 3, No. 1, p. 241.

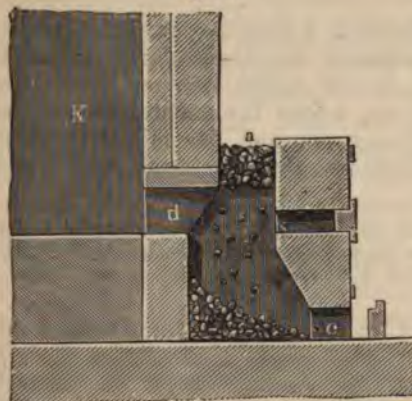
Brennmaterials geschieht von hinten auf den Platten *a*, *b* und *c*, wobei dasselbe austrocknet, sich vorwärmt und dann unter die glühenden Kohlenstücke (statt sonst auf dieselben) gelangt, so dass die daraus entwickelten Gase und Dämpfe durch das schon glühende Brennmaterial hindurch gehen müssen, wobei eine rauchlosere Verbrennung, als auf Treppenrosten, stattfindet.

Fig. 215.



Nach v. Reiche[1]) bedingt aber diese im Princip sehr rationelle Einrichtung wegen weiter Entfernung der Stufen von einander eine viel zu grosse Dicke der Brennstoffschicht, in Folge dessen die Luft bei ihrem Durchgange zu grosse Widerstände zu überwinden hat, welcher Uebelstand sich bei feinerem Brennmaterial vergrössert. Die Bedienung der Etagenroste erfordert mehr Aufmerksamkeit, als die der Treppenroste. Beim Bolzanorost[2]) sind die Stufen ähnlich angeordnet, wie beim Etagenrost, nur sind die Stäbe am unteren Theil oberflächlich gefurcht, um dem Herabrollen grösserer Stücke entgegen zu wirken. Unter jeder Etage befindet sich ein Handhebel, mittelst dessen sich jeder zweite Roststab heben lässt, um Schlackenansätze abzulösen, welche dann auf einen Planrostschieber gelangen. — Jordan's Rost[3]) hat Aehnlichkeit mit dem Etagenrost.

Fig. 216.



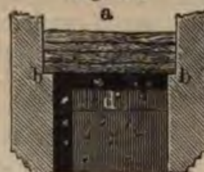
Pultfeuerung.

4) Pultfeuerung[4]) (Fig. 216. 217). Bei derselben, weniger für fossile Brennstoffe, als für Holz anwendbar, wird das in dünner und stets möglichst constant dick erhaltener Lage aufgegebene Brennmaterial von der Luft von oben nach unten durchstrichen, dabei ziehen Destillations- und Verbrennungsproducte durch bereits glühende Kohlen nach

1) v. Reiche, Anlage und Betrieb von Dampfkesseln 1872, S. 67. 2) B. u. h. Ztg. 1871, S. 283. Dingl. 202, 246; 205, 5; 209, 13. 3) Dingl. 218, 16. 4) Oest. Ztschr. 1859, S. 44. *Dingl.* 110, 93; 175, 268. B. u. h. Ztg. 1859, S. 196, 389; 1860, S. 11; 1865, S. 316. Schles. *Wochenschr. 1861*, S. 259.

unten und es entsteht in Folge dessen eine rauchlose Verbrennung. *a* Holzscheite von gleicher Länge, auf den Absätzen *b* (Pulten) eines gemauerten Schachtes an den Enden aufliegend. *c* Thür, durch welche man ein Feuer auf der Sohle des Brennraumes anmacht, von welchem die Flamme durch *d* in den zu heizenden Raum *k* zieht und hier Zug erzeugt, so dass alsdann, wenn *c* geschlossen wird und auf *a* glühende Kohlen gelegt werden, das Holz sich entzündet und die nach unten schlagende Flamme durch *d* in *k* eintritt. Die vom Pulte auf den Boden fallenden Kohlen verbrennen, indem man durch die mit Registerthür versehene Oeffnung *c* nach Bedürfniss Luft hinzulässt, und die Verbrennungsproducte ziehen nach dem Canal *d*. Das verbrannte Holz wird fortwährend wieder ersetzt. Diese Feuerung ist für metallurgische Zwecke weniger in Anwendung (Atvidaberger Kupferraffinirofen, Puddelöfen [1]), Quecksilberdestillation [2]), Holzdarren [3]) u. s. w.).

Fig. 217.



85. Herd- oder Arbeitsraum. Derselbe wird gebildet durch:

Seitenwände.

1) die Ofenwände, welche man auf dem Fundamente aus nicht feuerfestem Material bis etwa zur Höhe der Rostlage aufmauert, dann aus feuerfestem Material entweder bis zum Ofengewölbe oder bis über dessen Scheitelpunkt aufführt, damit sie eine die Wärmestrahlung und -Leitung verringernde Decke von Sand u. s. w. auf dem Gewölbe anzubringen gestatten, welche neuerdings aber meist der bessern Kühlung und Conservirung des Gewölbes wegen wegbleibt. Bei gewöhnlicher Verankerung durch Stäbe lässt man die Herdwände aus 2 Futtern von je 1 Steinstärke neben einander bestehen, bei Verankerung mit eisernen Platten baut man Futter von nur 1 bis $1^1/_2$ Steinstärken. Daelen [4]) empfiehlt ein geschlossenes Gestell aus Flach- und Winkeleisen, dessen Wände selbst die Haupt-, Lang- und Querverbindungen bilden. Wo die Herdwände sehr zu leiden haben, bestehen sie zuweilen aus mit einem schützenden Ueberzuge (Thon, Kalk, Eisenstein) versehenen hohlen Gusseisenwänden, durch Luft oder Wasser gekühlt (Puddelöfen).

Herd.

2) Den Herd, dessen Fläche im Verhältniss zur Rostfläche sich nach der Flammbarkeit des Brennmaterials und der zu erzeugenden Temperatur richtet (Röst- und Schmelzflammöfen, S. 274). Bei Herstellung des Herdes kommt in Rücksicht:

Herdmaterial.

a) das Herdmaterial. Soll, wie dieses meistens der Fall, die Wärmeleitung vom Herde ab möglichst beschränkt, also die Hitze zusammengehalten werden (Schweissöfen, Oefen zum Umschmelzen des Roheisens, Blei- und Kupferschmelzöfen, Röstöfen u. s. w.), so stellt man den Herd zwischen den bereits vorhandenen Ofenwänden aus mit dem Fundament verbundenem soliden Mauerwerk (Fig. 94, 102) her (Ausfüllung des Raumes bis zu einer gewissen Höhe mit gewöhn-

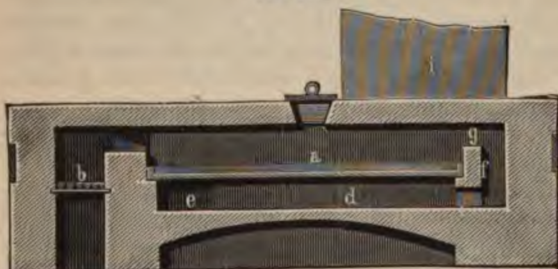
---

1) v. Tunner's Leob. Jahrb. 1847. Schles. Wochenschr. 1861, S. 259. B. u. h. Ztg. 1848, S. 226. v. Kerpely, Eisenh. in Ungarn, S. 20. Ders., Eisen auf der Wien. Ausst., S. 180. 2) B. u. h. Ztg. 1854, S. 357. 3) Oest. Ztschr. 1859, S. 259. 4) Grothe's polyt. Ztschr. 1876, No. 29.

lichen Steinen und Belegen derselben mit einer feuerfesten Steinlage oder Ausstampfen des Raumes mit feuerfestem Schutt, und zwar zu unterst grobe Stücke, nach oben hin gesiebte Chamotte und feuerfester Thon). Zur Beschränkung des Materialverbrauches werden wohl in dem soliden Mauerwerke Oeffnungen oder gewölbte Räume (Fig. 230) ausgespart. Um eine Abkühlung der Herdoberfläche durch von unten andringende Feuchtigkeit zu verhüten, bedeckt man das mit Feuchtigkeitsabzügen versehene solide Mauerwerk mit einer Eisenplatte und bringt darauf lose feuerfeste Massen (Sayner Ofen zum Umschmelzen von Roheisen).

Bedarf der Herd bei corrodirenden Substanzen u. s. w. einer Abkühlung von unten (Schlackenpuddeln von Stahl und Roheisen), so lässt man denselben aus hohlliegenden Eisenplatten (Fig. 105) bestehen, unter denen die Luft circulirt. Bleiraffiniröfen enthalten meist auf dem soliden Herdmauerwerk eine eiserne Pfanne, amerikanische Treiböfen eine von unten durch Wasser gekühlte Eisenschale (S. 202). Es lassen sich solche Oefen mit eisernem Herd auch für sehr hohe Temperaturen passend machen, wenn man die Feuergase durch den Fuchs unter dem Herd hin zur Esse leitet (Umschmelzen des Roheisens, Schmelzen wolframhaltiger Zinnerze).

Fig. 218.



Ofen zum Schmelzen wolframhaltiger Zinnerze mit alkalischen Zuschlägen (Fig. 218). *a* Gusseisenpfanne. *b* Rost. *g* Fuchsbrücke. *f* Fuchs zur Ableitung der Flamme unter dem Herde durch *d* nach *e* und zur Esse *i*.

Selten und nur wo eine corrodirende Wirkung nicht zu fürchten, werden die zu behandelnden Substanzen direct auf dem blossen Herd erhitzt (Röstöfen, z. B. Freiberger Fortschaufelungsöfen mit auf die Langseite gestellten feuerfesten Ziegeln auf Ziegelmauerung, unter welcher der Länge und Breite des Ofens nach Canäle zur Abführung der Feuchtigkeit); meist bedarf's einer mehr oder weniger feuerfesten Sohle von darauf gebrachten losen Massen (Quarz bei Kupfer-, Zinn- (Fig. 230), Schweissöfen (Fig. 94), Gusseisenschmelz-Flammöfen u. s. w., Thon bei Bleiflammöfen (Fig. 227), Mergel bei Treib- und Spleissöfen (Fig. 30), basische Schlacken bei Puddelöfen (Fig. 105).

Gestalt und Dimensionen.

b) Gestalt und Grösse des Herdes. Die natürlichste, der Gestalt jeder Flamme entsprechende Form des Herdraumes ist zur Erzielung einer möglichst gleichförmigen Temperatur die einer nach der Längsaxe durchschnittenen Birne, deren schmales Ende in den Fuchs, das weitere in den Feuerungsraum mündet (Fig. 229). Soll die Temperatur dagegen an der einen Seite gross und an einer andern *niedriger sein*, so erhält der Arbeitsraum eine grosse Länge bei gleich-

förmiger Breite (Oefen zum Bleierzrösten, Fig. 224). Die Herdfläche selbst hat je nach dem darauf vorzunehmenden Process und nach lokalen Gewohnheiten die verschiedensten Querschnitte, kreisrunde, quadratische, oblonge, sechseckige, ovale u. s. w.

Muss das Material durchgearbeitet werden, so sind, damit man mit den Werkzeugen überall hinkann, einspringende Winkel möglichst zu vermeiden, und man wählt dann wohl statt einer rechteckigen eine ovale oder octogonale Gestalt und erweitert die Wände bei jeder Arbeitsöffnung nach Art einer Schiessscharte (Puddelofen, manche Röstöfen, Fig. 224). Arbeitet man mit hohen Temperaturen, z. B. in Ponsard- und Siemensöfen, so bleibt in Folge von Dissociation die Temperatur der Flamme auf eine grössere Länge eine ziemlich gleichmässige, indem sich durch Vereinigung der getrennten Elemente immer wieder von Neuem Wärme bildet, weshalb man dem Ofen eine symmetrische Form geben kann, welche auch die wechselnde Richtung der Flamme bedingt (Fig. 117). Bei Oefen für niedrige Temperaturen, namentlich bei Oefen mit directer Feuerung, ist wegen unbedeutenderer Dissociation die Flamme kürzer.

Die Grösse des Herdes richtet sich nach der Flammbarkeit des Brennmaterials, der zu erzeugenden Hitze, dem Verhalten der zu behandelnden Substanzen in der Hitze, der beabsichtigten Productionsgrösse, ob die Temperatur überall gleichmässig sein muss oder mit der Längenausdehnung abnehmen kann (Fortschaufelungsöfen) u. A. Weniger beschränkt in der Länge, darf man die Breite in einer gewissen Grenze nicht überschreiten, um alle Theile des Herdes mit dem Gezähe erreichen zu können. Bei Oefen mit hoher und gleichmässiger Temperatur bei langflammigem Brennmaterial z. B. geht man bis auf Herdlängen von 4 m bei 1.5 m Breite. Schmelzflammöfen unterscheiden sich von den Röstflammöfen hauptsächlich durch ihren kleineren Herd und grösseren Feuerungsraum bei stärkerem Zug. Grösse

Die absolute Grösse des Feuerungsraumes (S. 276) hängt von der zu erzeugenden Hitze und der Beschaffenheit des Brennmaterials ab (Holz erfordert einen grösseren Feuerungsraum als Steinkohlen).

Nach Gruner geben die folgenden Zahlen die Fläche des Arbeitsraumes an, wenn man die Fläche der Feuerung zur Einheit nimmt:

Flammöfen zum Stahlschmelzen	0.80—1.20
Puddelöfen	2.00—2.50
Schweissöfen	2.00—2.50
Flammöfen zum Umschmelzen des Roheisens	2.50—3.00
Kupferraffiniröfen	4.00
Kupfersteinschmelzöfen	5.00—6.00
Schwarzkupferschmelzöfen	4.50
Bleierzflammöfen	8.00—10.00
Cornischer Bleiofen für quarzige Erze	7.00
Zinnerzschmelzöfen	6.00—7.00
Englischer Röstofen für Kupfererze	15.00—20.00

c) Unbewegliche und bewegliche Herde. Meist sind die Herde unbeweglich und dann entweder horizontal (Glüh- und Röstöfen, Fig. 219, 224), oder concav (Fig. 230), oder mit Sumpf versehen (Fig. 227), oder mehr oder weniger geneigt (Fig. 226) (Schmelzöfen). Dabei ist die Neigung eine gleichmässige, wenn das Schmelzproduct möglichst rasch aus dem Schmelzraum geschafft werden muss (Kärnthner Bleiofen, Fig. 226) oder eine oxydirende Einwirkung Feste und bewegliche Herde.

auf dasselbe stattfinden soll (Umschmelzen des Roheisens), oder die Oefen haben nach der einen Seite hin eine Vertiefung (Sumpf) zur Ansammlung der geschmolzenen Massen, welche bei jähem Abfall die Schmelzproducte gegen den Einfluss der Hitze und des Sauerstoffs schützen soll (englische und französische Bleiflammöfen mit Sumpf (Fig. 227), Staffordshire-Ofen zum Umschmelzen des Roheisens).

Beispiele. a) Oefen mit horizontaler Sohle. Einherdiger Ungarscher Bleierzröstofen mit Flugstaubkammern (Fig. 219. 220). *a* Rost aus 5 Traillen, 1.778 m lang und 0.392 m breit. *b* Schürloch. *c* Aschenfall. *d* Feuerraumgewölbe.

Fig. 219.

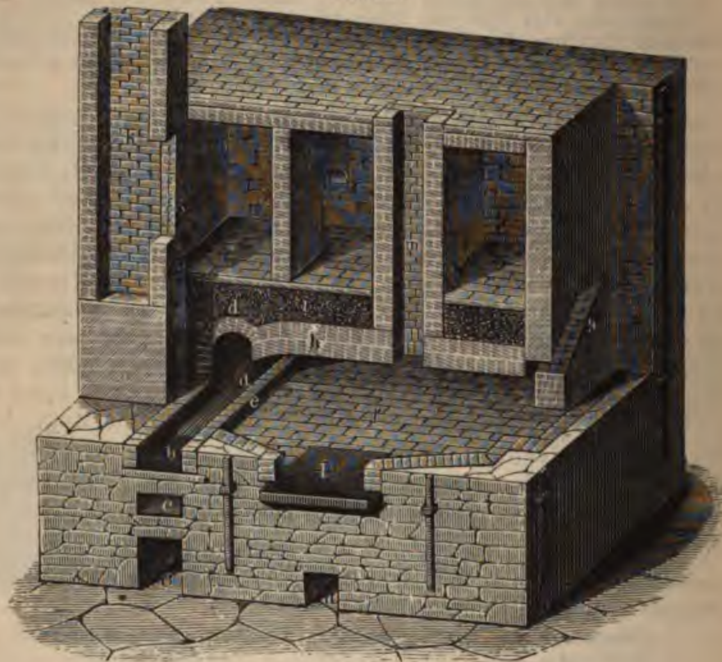


Fig. 220.

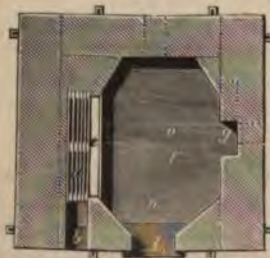
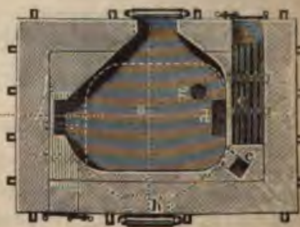


Fig. 221.



e Feuerbrücke. *f* Herd, 3.138 m lang und 2.249 m breit. *g* Fuchs, in die auf dem Herdgewölbe *h* und der Schlackenschicht *i* ruhenden Flugstaubkammern führend. *Das Herdgewölbe* steht in der Mitte 0.366, an den Seiten 0.262 m vom Herde ab.

… *l* Arbeitsöffnung, 0.837 m breit und 0.366 m hoch. *m* Chargircanal. *n* und …chtigkeitsabzüge.

Fig. 222.

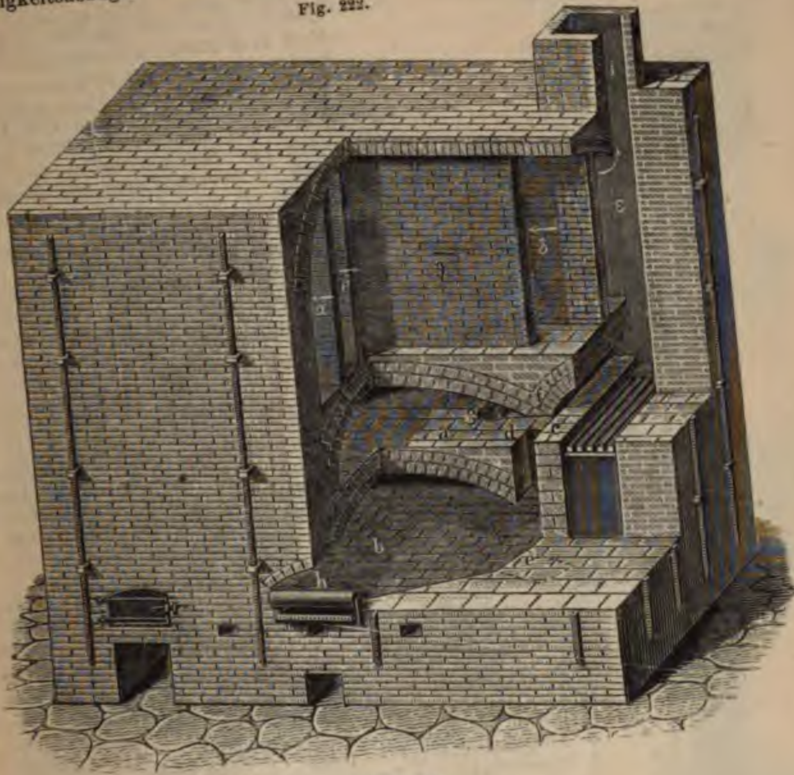


Fig. 223.

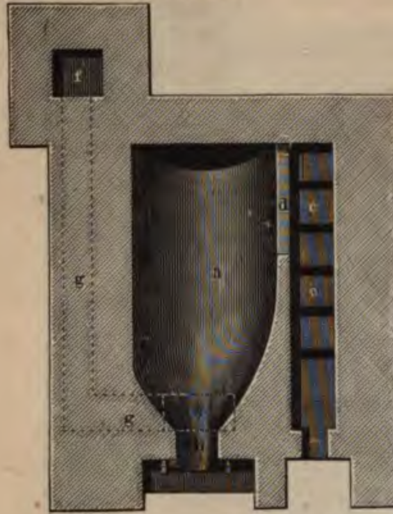


Fig. 224.



Aelterer Mansfelder Doppelröstofen (Fig. 221. 222). *a* oberer Herd, 2.823 m lang und 3.058 m breit. *b* Unterer Herd, 2.563 m lang und 3.006 m breit. *c* Feuerbrücke, 2.066 m lang, 0.262 m breit, 0.314 m über dem Herd und 0.366 m über dem Rost. *d* Fuchscanal zwischen beiden Herden. *f* Gewölbe. Das Herdgewölbe steht in der Mitte 0.523 m, an der Feuerbrücke 0.471 m vom Herd ab. *g* Oeffnung zum Herabschaffen des Röstgutes aus dem oberen in den unteren Herd. *h* Arbeitsöffnung mit Gezähwalze. *i* Esse. *α*, *β*, *γ*, *δ* Flugstaubkammern.

Fig. 225.



Doppelfortschaufelungsofen (Fig. 223. 224). *a* unterer Herd aus auf die Langseite gestellten feuerfesten Ziegeln, die wieder auf Ziegelmauerung ruhen, 6.5 m lang, 2.3 m breit und bis zum Gewölbe 0.44 m hoch. *b* oberer Herd aus feuerfesten Thonplatten, vorn 0.33 m, hinten 0.35 m hoch. *c* Feuerbrücke, 1.5 m lang, 0.4 m breit, 0.75 m hoch über dem Roste und 0.31 m hoch über dem Herde, davor der Sumpf zur Aufnahme des schlackigen Erzes. *d* Flammloch, 0.28 m hoch. *e* Arbeitsöffnungen. *f* Füllöffnung. *g* Rost, 1.5 m lang und 0.45 m breit.

Fig. 226.



b) Oefen mit geneigter Sohle. Kärnthner Bleiofen (Fig. 225. 226). *a* muldenförmiger Herd, 3.21 m lang und 1.53 m breit. *b* Arbeitsöffnung. *c* Gurtenrost. *d* Feuerbrücke. *e* Fuchs. *g* zur Esse *f* führender Canal. *h* Canal zur Rauchabführung von der Arbeitsöffnung.

c) Oefen mit Sumpf oder Muldenherd. Englischer Bleiofen (Fig. 227. 228). *a* Herd aus Thon, 3.4 m lang und 2.8 m breit. *b* Herdgewölbe. *c* Arbeitsöffnungen. *d* Aufgebetrichter. *e* Rost. *f* Schürloch. *g* Aschenfall. *h* Feuerbrücke. *i* Fuchs. *k* Esse. *l* Register. *m* Stechherd. *n* Verankerung. *o* Sumpf. — Fig. 229. 230. Englischer Zinnschmelzofen. *a* Schürloch. *b* Nebenfuchs. *c* Chargiröffnung. *e* Stechherd. *f* Fuchs. *l* Schornstein. *x z* Luftcanäle.

Mechan. Rührer.

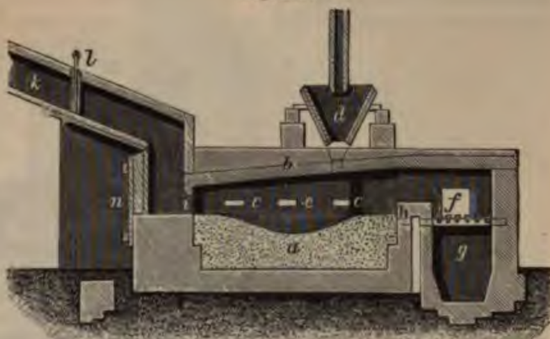
Zuweilen sind Oefen mit feststehendem Herd mit mechanischen Krähl- oder Rührvorrichtungen versehen (Mechanische Puddler[1]), Parkes' Röstofen).

Fig. 231. Parkes' Röstofen. *a* Herd von 3.77 m Durchmesser. *b* oberer Herd. *c*, *d*, *f* und *g* Gewölbe. *n* Feuerungsraum. *o* Feuerbrücke. *k* Arbeitsöffnung. *q* Fuchs. *r* Schornstein. *m* stehende gusseiserne Welle mit Krähl-

1) *Kerl*, Grundr. d. Eisenh., S. 304, 306, 356.

armen. In Eitorf[1]) sind rotirende Hohlarme mit Löchern versehen, durch welche erhitzte Luft zum Röstgute tritt.

Fig. 227.



Bewegliche Herde[2]) sollen entweder die Arbeit des Herdschlagens ausserhalb des Ofens erleichtern und rasche Auswechselung des Herdes bezwecken (Englischer Treibofen, Silberfeinbrennofen) oder die Handarbeit ganz oder theilweise unnöthig machen.

Fig. 228.



Die namentlich in neuerer Zeit mehrfach angewandten Oefen dieser Art (mechanische Oefen) können sein:

a) Telleröfen mit an einer verticalen Axe (Brunton's Zinnerzröstofen[3]) mit conischem Herd und fixen eisernen Krählen, Kuschel und Hinterhuber's Zinkblenderöstofen[4]) mit planem Herde und fixen hohlen Thonkrählen, Gibb und Gelstarp's Telleröfen.

Fig. 229.

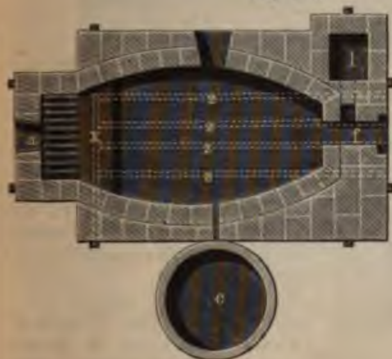


Fig. 230.

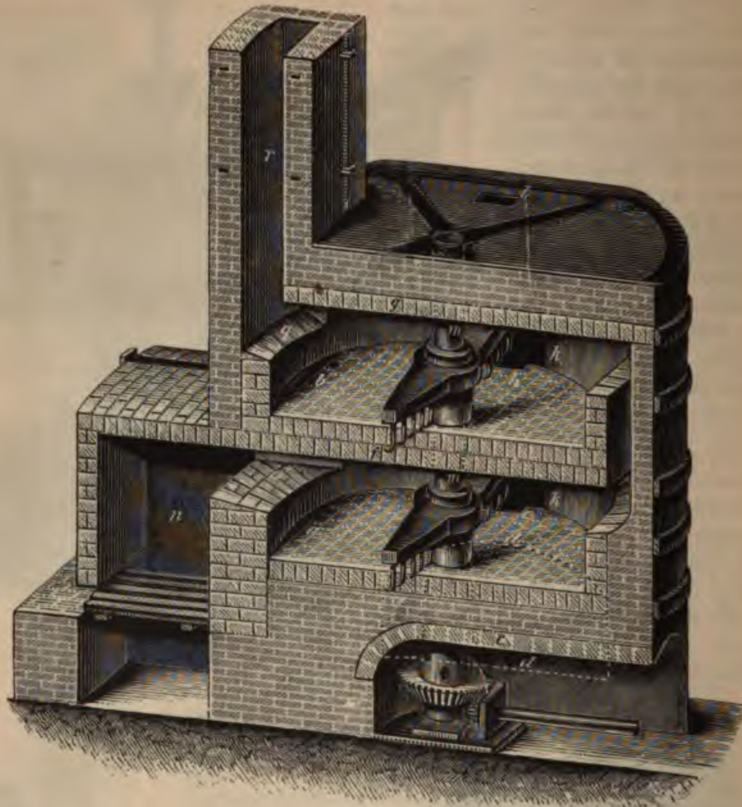


Kupfererzröstofen[5]) mit planem Herde und beweglichem Reiber) oder mit an einer geneigten Axe rotirendem tellerförmigen Herd (Pernot's[6]),

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 178. 2) Kerl, Met. 1, 488. Küstel, Roasting, p. 91. 3) B. u. h. Ztg. 1859, S. 355. 4) Kärnthn. Ztschr. 1871, S. 169. B. u. h. Ztg. 1871, S. 320; 1872, S. 200. 5) B. u. h. Ztg. 1872, S. 148, 309; 1875, S. 62, 119. 6) B. u. h. Ztg. 1874, S. 201, 470; 1875, S. 126, 303, 444; 1876, S. 22, 36, 50.

Bonsfield's [1]), Maundlay's [2]) und Ehrenwerth's [3]) Puddelofen).

Fig. 231.



Beispiele.

Fig. 232.



Fig. 232. 233. Brunton's Zinnerzröstofen. *a* gusseisernes conisches Rad von 3.77 m Durchmesser, auf dessen Speichen der Herd *a'*. *b* Feuerungsraum. *c* Feuerbrücke. *d* Herdgewölbe. *e* Chargiröffnung. *f* eiserne Krählen. *g* Austrageöffnung, durch eine Klappe *h* abwechselnd mit 2 Kammern *i* zur Aufnahme des Röstgutes in Verbindung zu setzen. *k* Schieber zum Ausräumen des Röstgutes. *w* Umtriebswelle, vom Wasserrade *r* bewegt.

1) B. u. h. Ztg. 1874, S. 166. 2) Specif. 1858, No. 1436. 3) B. u. h. Ztg. 1874, S. 9, 109.

Fig. 234. **Gibb-Gelstarp's Kupfererzröstofen.** *a* scheibenförmiger Blechherd von 4.9 m Durchm., mit Chamotteziegelfutter. *n* Feuerung. *o* Feuerbrücke. *p* Fuchs. *f* pflugscharartiges Krähleisen, an einem Arm durch einen Motor hinter *B* in radialer Richtung hin- und herbewegt. *i* von oben durchs Gewölbe eingelassene quergestellte Blechplatten (Ausräumer), welche das Röstgut nach der Arbeitsöffnung *k* schaffen, durch welche dasselbe, durch die Ausstreichplatte *l* begünstigt, in das Gerinne *m* rutscht. *s* Haspel zum Aufziehen der Räumer *i* während der Röstung.

Fig. 233.

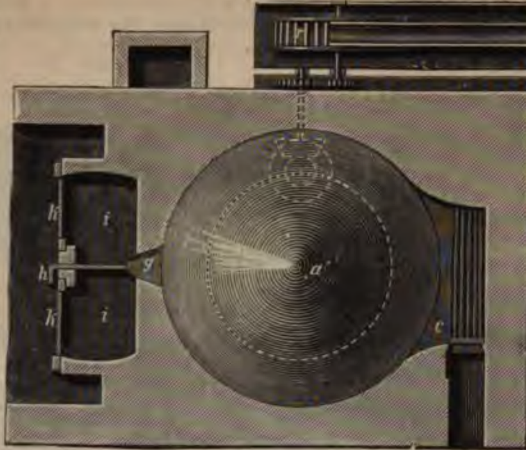


Fig. 234.

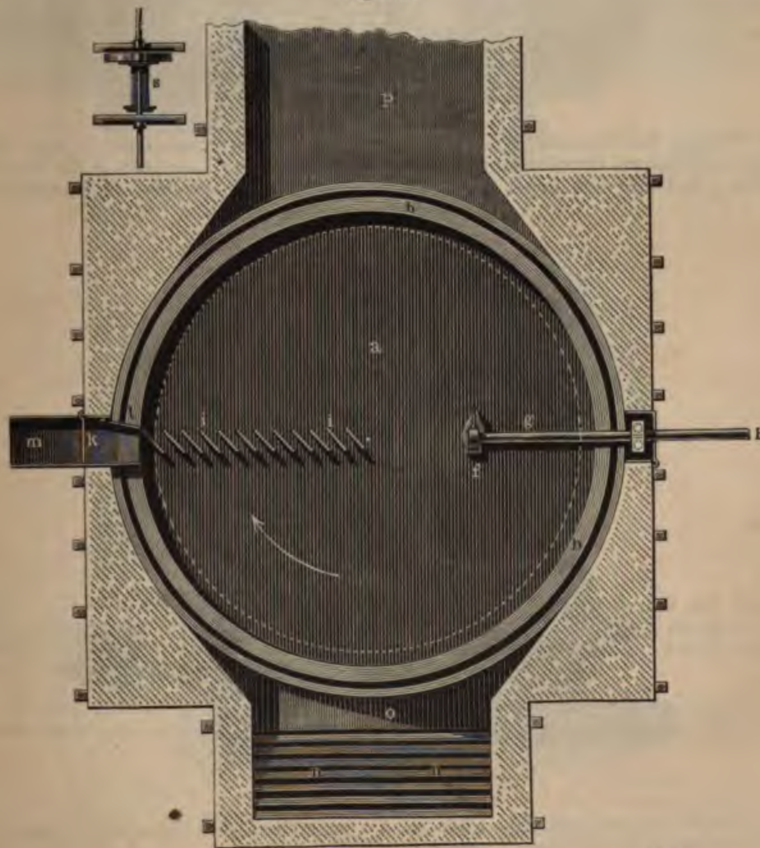
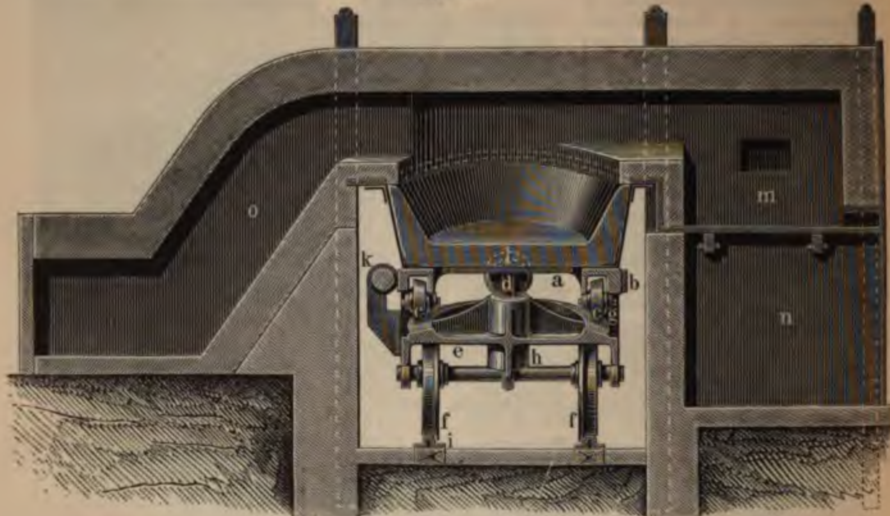


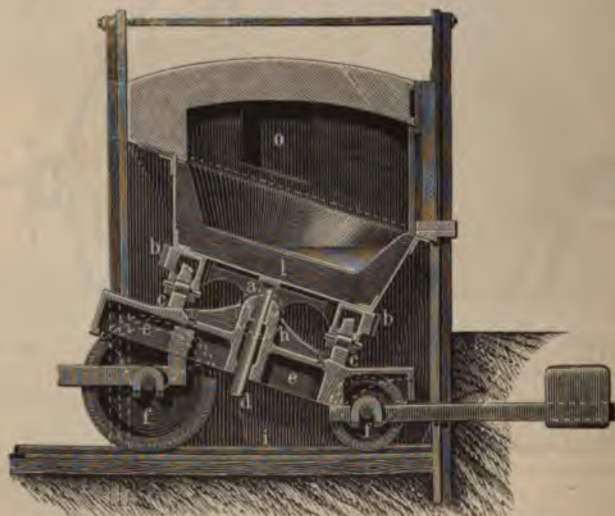
Fig. 235. 236. **Pernot's Puddelofen.** *a* Herdboden mit verzahnter Kranzleiste *b* am Rande, welche die Lager für mehrere Gleitrollen *c* trägt. *d* Drehaxe

Fig. 235.



im Centrum des Bodens. *e* Eisenplatte auf einem Wagengestell mit 2 paar Rädern *f* von ungleichem Durchmesser, erstere mit ringförmiger Laufbahn *g* für die Gleitrollen *c* und mit dem Lager *h* für die Drehungsaxe *d* versehen. *i* Eisenbahn für

Fig. 236.



den Wagen. *k* Schraube ohne Ende, in die Verzahnung der Kranzleiste eingreifend. *l* *Herdauskleidung* (Eisenoxyd und Schlacken).

b) Cylinderöfen, entweder in horizontaler Richtung rotirende Blechcylinder mit feuerfesten Massen ausgekleidet, theils zum Rösten (Oefen von Brückner[1]), Rivot[2]), Teat[3]), Smith's Ofen[4]) mit Cylinder und sich daran schliessendem Sinterherd), theils zum Schmelzen (Puddelofen von Menelaus, Danks, Crampton, Sellers[5]), Godfrey und Howson[6])) oder in geneigter Richtung rotirende Cylinder (White's Ofen[7]), Hocking's Ofen[8])). Cylinderöfen.

Fig. 237. 238. Brückner's Röstofen. *A* Blechcylinder, 3.5—3.8 m lang und 1.6—1.9 m weit, mit feuerfesten Steinen ausgefüttert, mit Rippen *f* auf Rollen *a* ruhend und durch ein in den Zahnkranz *h* eingreifendes Getrieberad *b* in Rotation Beispiel.

Fig. 237.

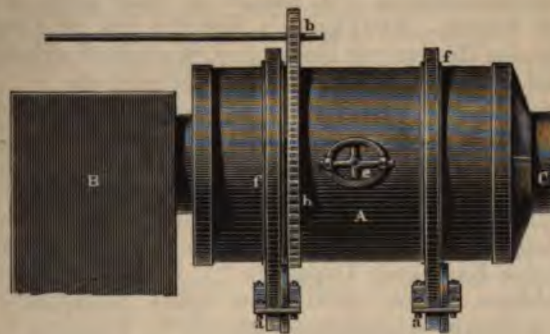
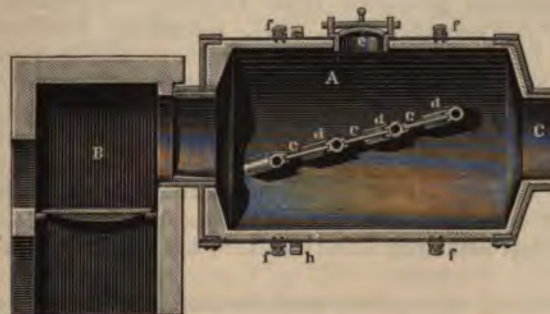


Fig. 238.



versetzt. *B* Feuerungsraum. *C* Fuchs. *e* Chargiröffnung. *c* eiserne mit feuerfestem Material bekleidete Scheidewand von 10—15° Neigung, deren einzelne Abschnitte *c* in Rinnen der röhrenförmigen Rippen *d* gehalten werden, durch welche letztere Luft zur Kühlung streicht.

c) Kugelöfen.[9]) Manes' Ofen hat einen rotirenden kugelförmigen Röstraum mit Condensator daneben, auf welchen Wasser tröpfelt. Kugelöfen.

1) B. u. h. Ztg. 1869, S. 130; 1870, S. 441; 1872, S. 213; 1874, S. 182, 772; 1875, S. 62, 119; 1876, S. 162; 1877, S. 236. Dingl. 224, 603. The Brückner revolving Furnace by Lane and Bodley, Cincinnati 1874. Engin. and Min. Journal 1877, Vol. 24, No. 26. 2) B. u. h. Ztg. 1871, S. 276. 3) B. u. h. Ztg. 1875, S. 221. 4) B. u. h. Ztg. 1875, S. 364. 5) Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 308. 6) B. u. h. Ztg. 1878, S. 160. 7) B. u. h. Ztg. 1873, S. 364. 8) B. u. h. Ztg. 1875, S. 384. 9) B. u. h. Ztg. 1878, S. 248.

Oefen mit Herd ohne Ende.

b) Röstöfen mit Blechherd, nach Art eines Tuches ohne Ende[1]) beweglich.

Oscillirende Oefen.

c) Oefen mit schwingender Bewegung (Puddelöfen von Bessemer[2]), Mennessier[3]), Krupp's combinirte Flamm- und Bessemeröfen[4])).

Während der grösseren Verbreitung der Telleröfen besonders die schädliche Erwärmung der Rotationsmechanismen und der zum Bewegen erforderliche grosse Kraftaufwand hinderlich gewesen ist (in Pernot's Ofen hat man durch passende Construction dem ersteren Uebelstand möglichst entgegen zu wirken gesucht), so macht bei Cylinderöfen für höhere Temperaturen die Herstellung eines dauerhaften Ofenfutters Schwierigkeiten und bedarf es einer guten Kühlung des Aeusseren mit Wasser. Brückner's Röstofen hat in Amerika grosse Bedeutung für das Rösten von Gold- und Silbererzen erlangt, namentlich wegen bedeutender Ersparniss an Arbeitslöhnen.

Mehrfache Herde.

d) Einfache, Doppel- und Tripelherde. Die einfachen Herde (Fig. 230) entlassen die Feuergase durch den Fuchs; zur bessern Ausnutzung der Hitze hat man zwei (Doppelöfen, Fig. 222. 223) oder drei mit einander communicirende Herde (Tripelöfen), selbst vier, über einander gelegt (Mansfelder[5]), Parkes'[6]) und Kärnthner Doppelöfen[7]), Röstöfen für goldhaltige Schwefelkiese[8]), Mansfelder[9]) und Kärnthner Tripelöfen[10]), Perret's Etagenofen[11])). Den doppelsohligen Oefen zieht man meist verlängerte einsohlige Oefen wegen grösserer Einfachheit, geringerer Reparaturbedürftigkeit und bequemerer Arbeit vor (Fortschaufelungsöfen[12]), von Küstel zur Erleichterung des Fortschaufelns mit einem zweimal im rechten Winkel gebrochenen geneigten Herd versehen, Vorwärm- und Vorglühherde bei Schweissöfen (Fig. 101), Kärnthner Bleiflammofen[13])). Statt in eine Ebene legt man zuweilen mehrere Herde terrassenförmig neben einander und hat Schréder[14]) einen terrassenförmigen Röstofen mit einem darunter liegenden Schmelzherd verbunden. Während die Höhe der Terrassen meist nicht bedeutend ist, so besteht ein amerikanischer Röstofen[15]) für durch die Plattner'sche Chlorationsmethode zu entgoldende Erze aus 4 kurzen, aber hohen geneigten Terrassen mit entsprechender Brechung des Herdgewölbes. Auch hat man einen ringförmigen Röstherd[16]) um einen centralen Schornstein gelegt.

Zum Unterschiede von dem Vorhergehenden nennt man einfache und Doppelpuddelöfen solche, welche resp. nur an einer oder an beiden Seiten Arbeitsöffnungen haben.

Herdgewölbe.

3) Herdgewölbe (Kuppel, Haube). Man setzt dasselbe aus besonders ausgewähltem Baumaterial meist auf die Langseitenwände des Ofens auf, giebt ihm mehr oder weniger Spannung, je nach der hervorzubringenden Temperatur und der Flammbarkeit des Brennstoffes (bei

1) Bgwfr. 14, 207. 2) B. u. h. Ztg. 1867, S. 59. 3) B. u. h. Ztg. 1876, S. 162, 442. 4) B. u. h. Ztg. 1879, S. 12. 5) Kerl, Met. 1, 516. 6) B. u. h. Ztg. 1852, S. 265, 304; 1871, S. 321. 7) B. u. h. Ztg. 1863, S. 700; 1869, S. 137. 8) B. u. h. Ztg. 1869, S. 130. v. Kerpely's Fortschr. 5, 319. 9) B. u. h. Ztg. 1869, S. 445; 1870, S. 454. 10) Kerl, Met. 2, 58. 11) B. u. h. Ztg. 1878, S. 279. 12) B. u. h. Ztg. 1870, S. 439; 1871, S. 245; *1874, S. 136* (Küstel). 13) B. u. h. Ztg. 1869, S. 137. 14) Oest. Ztschr. 1874, S. 216. *15) St. Francisco Scientific* Press 1871, Bd. 23, No. 11. 16) Engin. and Min. Journ. 1879, *Vol. 27, No. 11, p. 181.*

Steinkohlen z. B. mehr als bei Holz) und zieht dasselbe nach dem Fuchs hin zusammen. Die Höhe des Gewölbes über der Herdsohle, ohne Erforderniss wegen sonst grösseren Brennstoffaufwandes nicht zu erhöhen, nimmt man nicht höher, als zum Ein- und Ausbringen der Materialien und zur Vornahme der betreffenden Arbeiten nöthig ist. Die beste Gestalt zum Zurückstrahlen der Wärme von dem den Feuer- und Arbeitsraum einzig überdeckenden Gewölbe ist die, wenn die Erzeugungslinien des cylindrischen, mehr oder weniger abgeplatteten Gewölbes senkrecht auf der Axe des Ofens liegen, in welchem Falle die Gewölbfüsse an der Stirnmauer des Heizraumes und an dem äussersten Ende des Arbeitsraumes zu beiden Seiten der Fuchsöffnung sind (Gussflammofen der Berliner Eisengiesserei, Zinnerzschmelzofen, Fig. 229). Bei hohen Temperaturen und sehr langen Oefen ist ein solches Gewölbe wegen zu grosser Spannweite und zu geringer Pfeilhöhe nicht hinreichend solide, weshalb man alsdann die oben erwähnten Erzeugungslinien parallel mit der Axe des Ofens liegen lässt, wo sich dann das Gewölbe auf die seitlichen Mauern stützt (Fig. 224). Während man durch Ueberdecken des Gewölbes mit einer Schicht von schlechten Wärmeleitern (Cinders, Asche, gepochte Schlacke, mit einer Lehmschicht glatt überzogen) den Wärmeverlust durch Ausstrahlung vermindern kann, so hat sich umgekehrt, wie bemerkt, die Dauer der Gewölbe grösser erwiesen, wenn man sie aus einer dünnen feuerfesten Steinlage (z. B. Quarzziegeln) herstellt und diese sich von aussen durch die Luft kühlen lässt.

Die Herdgewölbe werden entweder aus Steinen — gewöhnlich gleichlaufend zur Längsrichtung des ganzen Ofens aufgestellt — aufgemauert, seltener aus feuerfester Masse aufgestampft. Zuweilen macht man behuf rascherer Abkühlung und bequemerer Herstellung des Herdes das Gewölbe in Gestalt einer abnehmbaren Kuppel (Hut, Haube) beweglich und lässt dasselbe dann entweder aus einer innen mit Thon ausgeschlagenen Eisenblechhaube oder aus in einem kuppelförmigen Eisengerüst befestigten Thonplatten (Treiböfen, Spleissöfen) bestehen.

Zu dem Herdraume führen nachstehende Oeffnungen: *Herdöffnungen.*

1) Das Flammenloch (Flammenlucke, vor *d* in Fig. 223) *Flammloch.* zum Eintritt der Flamme aus dem Feuerungsraum, nach unten durch die Feuerbrücke (Balken, Fig. 223 *c*) begrenzt. Dieselbe besteht *Feuerbrücke.* bei minderen Hitzen aus solidem Mauerwerk (Fig. 223), wird aber für höhere Temperaturen behuf Kühlung durch Luft hohl gemacht (Fig. 102, 103) oder gar aus mit feuerfestem Material umgebenen hohlen gusseisernen Körpern hergestellt, in denen Luft oder Wasser [1]) circulirt. Sie hat den Zweck, das Herabfallen von Substanzen vom Herde auf den Rost zu verhüten, sowie die gasförmigen Feuerungsproducte einzuengen und mit der durch den Rost zugeführten Luft in innigere Berührung zu bringen, und es lässt in dieser Beziehung ihre Höhe über dem Roste (300—1000 mm) und über der Herdfläche, sowie ihre Breite verschiedene Effecte erzielen.

---

1) Pribramer Bleierzröstofen in B. u. h. Ztg. 1877, S. 287. Altsohler Puddelofen mit Wasserrinne in Balken *in B. u. h. Ztg. 1878*, Taf. 5, Fig. 20.

Höhe der Feuerbrücke.

Um den Herdraum am besten zu erhitzen, ist bei beabsichtigter Gasfeuerung (hoher Brennstofflage) oder langflammigem Brennmaterial (z. B. Holz) in dünneren Lagen eine höher über dem Rost gelegene Feuerbrücke angezeigt, weshalb sich verstellbare Rostbalken empfehlen (Unterwind bei mageren Brennstoffen); bei kurzflammigerem Brennstoff (Steinkohlen) muss der Rost höher liegen. Bei hoher Lage der Feuerbrücke über dem Herde, z. B. bis 500 mm, werden die Producte auf letzterem mehr vor dem Einflusse der Flamme geschützt (Eisenblechglühöfen, Stahlpuddelöfen, Oefen zum Umschmelzen des Roheisens und Raffiniren des Zinks), als bei niedrigerer (Röstöfen), während letztere aber zur rascheren und vollständigeren Erhitzung oder Schmelzung des Productes, z. B. Roheisens, beitragen kann. Um den Einfluss der Hitze gleich hinter der Feuerbrücke etwas zu moderiren, lässt man wohl von derselben eine solide oder durchlöcherte horizontale Zunge[1]) etwas in den Herdraum hineingehen (Waleser Kupfersteinröstöfen, englische Blende- und Kupfersteinröstöfen).

Chargiröffnung.

2) Chargir- oder Eintrageöffnung. Dieselbe liegt, wenn grössere Stücke (Roheisen, Schwarzkupfer u. s. w.) oder kleinere Posten (Kärnthner Flammofen) mittelst Schaufeln einzutragen sind, gewöhnlich an einer Längsseite (Fig. 230, *c*) oder einer schmalen Seite des Ofens (Fig. 225, *b*) und kann gleichzeitig als Arbeitsöffnung dienen. Vorsetzthüren, an Angeln bewegliche Klappthüren, mit und ohne Thonausfütterung, oder Thüren an Gegengewichten oder Balanciers mit Kettensegmenten schliessen die Oeffnungen. Für grössere Chargen in Pulverform oder in kleinen Stücken befindet sich eine Oeffnung mit Fülltrichter (Fig. 227, *d*) und Schieber im Gewölbe, in welchen ersteren aus dem auf einer Eisenbahn darüber gefahrenen Fördergefäss dessen Inhalt entleert wird (Blei-, Kupferflammöfen). Bei fehlendem Fülltrichter kann die Oeffnung im Gewölbe durch einen Deckel oder eine mittelst Krahnes bewegliche Haube geschlossen werden. Auch flüssige Substanzen (Roheisen beim Puddeln) können auf diese Weise durchs Gewölbe in den Ofen gebracht werden.

Arbeitsöffnungen.

3) Arbeitsöffnungen (Arbeitsthore), je nach der Grösse des Herdes, dem vorzunehmenden Processe u. s. w. an einer kurzen Seite (Sächsischer Zinnerzröstofen, Kärnthner Bleiofen, Fig. 225), oder an einer langen Seite (Puddelöfen, Fig. 104, französischer Bleiflammofen, englische Kupfererzschmelzöfen, Schweissöfen, Fig. 103), oder an beiden langen Seiten (Fortschaufelungsöfen und andere Röstöfen, englischer Bleiofen, Fig. 228, Doppelpuddelöfen). Die Arbeitsöffnung liegt an der dem Rost gegenüber befindlichen schmalen Seite unter dem Fuchs, wenn der Zutritt der Luft zum Schmelzgut durch die Arbeitsöffnung möglichst vermieden werden soll (Kärnthner Bleiofen, Fig. 225, Kupferraffinirofen). Zum Auflegen des Gezähes dient wohl eine Walze oder runde Ueberlegstange vor der Arbeitsöffnung, sowie vor der letzteren auch ein Rauchfang angebracht sein kann (Zinnerzröstofen, Arsenikröstofen, Treibofen). Das Schliessen der Arbeitsthore geschieht wie das der Eintrageöffnungen. Ihre Höhe über der Hüttensohle

1) Kerl, Grundr. d. Metallhüttenkunde, S. 171, Fig. 95. B. u. h. Ztg. 1878, Taf. 5, Fig. 5.

hängt hauptsächlich von den im Ofen zu verrichtenden Arbeiten ab, ist z. B. bei Kupferraffiniröfen niedriger, als bei Röstöfen.

Auslassöffnung.

4) Auszieh- und Abstichöffnung. Im Ofen behandelte feste Substanzen werden entweder durch die Arbeitsöffnung ausgezogen (Röstgut, Eisen- und Stahlluppen) oder durch sonst mit Platten verschlossene Oeffnungen in der Herdsohle (Fig. 221, *g*) nach unten in Gewölbe oder darin stehende Gefässe entlassen (Röstgut), zuweilen mittelst durch einen Schlitz im Herdgewölbe eingesenkter mechanischer Abstreichvorrichtung (mechanischer Röstofen von Kuschel und Hinterhuber S. 289 und Gibb S. 291). Flüssige Producte laufen entweder durch die Arbeitsöffnung von selbst ab (Glätte im Treibofen, Blei im Kärnthner Flammofen, Fig. 225) oder werden durch dieselbe zeitweilig ausgezogen (Abstrich beim Abtreiben, Schlacken vom Kupferschmelzen und Spleissen) oder aus einem Sumpf in Herde ausgeschöpft (raffinirtes Kupfer, umgeschmolzenes Roheisen) oder durch im tiefsten Punkte des Herdes mündende Stichcanäle in Vorherde (Spleissofen, englischer und französischer Bleiflammofen, Fig. 228), in Formen (Kupferstein, umgeschmolzenes Roheisen) oder in Wasser (Granuliren von Kupfer, Fig. 239) abgelassen u. s. w.

Späheöffnungen.

5) Spähe- oder Visirlöcher in den Arbeitsthüren und an anderen Stellen der Ofenwände (über den Arbeitsöffnungen, über dem Stich, am Fuchs u. s. w.), zur Beobachtung des Ofeninnern, zuweilen auch zur Einführung von Arbeitsgezäh bestimmt, durch Thonpfropfen oder mittelst Handhabe durch einen vorgesetzten mit Thon ausgefütterten Rahmen oder durch brillenartige Schilder zu schliessen, welche, an einem Stift drehbar, die Oeffnungen durch ihre eigene Schwere decken, wie Schilder vor den Schlüssellöchern. Solche Schaulöcher kann man auch mit Glimmerblättchen statt mit Glasscheiben versehen.[1])

Luftzuführungsöffnungen.

6) Luftzuführungsöffnungen. Nicht selten führt man durch seitliche Canäle hinter der Feuerbrücke Oxydationsluft zu (Kupferraffiniröfen, Röstöfen), bei Gebläseöfen (Fig. 239) durch Formöffnungen (Kannen) an einer Seite der Feuerbrücke Gebläseluft (Treib-, Spleiss-, Bleiraffiniröfen) u. s. w.

Beispiel.

Kupfergranulirofen (Fig. 239. 240). *a* Fundament. *b* Grundabzug. *c* Rauhgemäuer. *d* Schlackenloch. *e* Stichloch. *f* eiserne mit Gestübbe ausgeschlagene Gosse. *g* Formen oder Kannen. *h* Feuerungsraum. *i* Schürloch. *k* Feuerbrücke. *l* Flammloch. *m* Haube. *n* Kühlloch mit Deckel. *o* Verankerungssäule. *p* Schlackenherd. *q* Barnsteinherd. *r* Schmelzsohle aus Gestübbe und Mergel. *s* Höllenmauer. *t* Rost. *u* Windstock. *v* Granulirfass mit eisernem Deckel. *w* Wasserrinne. *x* Wasserbottich. *y* Oeffnung zum Einfliessen des Kupfers. *z* Gestübbe.

In St. Louis[2]) hat man Treiböfen einen eisernen Herd gegeben und denselben von unten durch Wasser gekühlt. Pribramer Treiböfen[3]) sind mit Regenerativ-Gasfeuerung versehen.

Fuchs.

7) Fuchs (S. 275). Das Verlaufen des Herdraumes in einen engen Canal, den Fuchs, begünstigt die Erhaltung einer hohen und gleichmässigen Temperatur im Ofen. Indem die Gase durch denselben mit grosser Geschwindigkeit hindurchziehen, erhalten sie die Fuchsmündung in hoher Temperatur, in Folge dessen von hier aus eine Abkühlung im Ofen nicht eintreten kann und Veranlassung zum

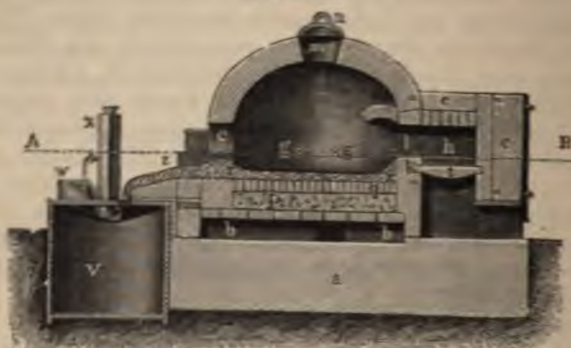
1) B. u. h. Ztg. 1866, S. 264. 2) B. u. h. Ztg. 1878, S. 14. 3) B. u. h. Ztg. 1878, S. 250.

Verbrennen noch unverbrannter Theile gegeben wird. Lage und Weite desselben richten sich nach dem auf dem Herde vorzunehmenden Process und der auf demselben zu erzeugenden Temperatur. Die normalste Lage ist im Niveau des Herdes und in der Achse des Ofens

Fig. 239.



Fig. 240.



(*f* in Fig. 230), wobei der horizontale oder ansteigende Fuchs zweckmässig die ganze Breite des Herdes an dieser Stelle besitzt oder der Herdgrundriss sich nach dem Fuchse zu verengert. Je nach der erforderlichen Grösse der Ausflussöffnung ist diese dann mehr breit als hoch oder quadratisch. Sollen die Einsätze nur schwach erhitzt werden, so liegt der Fuchs besser im Gewölbe des Herdes (Röstöfen, *d* in Fig. 222), will man stark heizen, mehr im Niveau des Rostes und nach unten stark geneigt zur Esse führend (Puddel- und Schweissöfen, Fig. 94, 101, 102). Lange und enge horizontale oder schwach ansteigende Füchse beeinträchtigen den Zug und machen eine kräftigere Wirkung des Schornsteins erforderlich, dadurch zu vermindern, dass man den Fuchs nur auf kurze Entfernung eng macht und denselben sich dann entsprechend erweitern lässt. Sollen bei geneigtem Fuchs geschmolzene Massen nicht in den Fuchs eindringen, so ver-

hindert man dieses durch eine kleine nöthigenfalls durch Luft oder Wasser zu kühlende Mauerung oder einen hohlen Eisenbalken (Fuchsbrücke, kleine Feuerbrücke, Fig. 101 *q*, 105 über *k*); zuweilen lässt man Schlacken nach dem tiefsten Punkte des geneigten Fuchses und hier durch eine mit glühenden Kohlen heiss zu haltende Oeffnung aus dem Ofen fliessen (Schweissöfen, Fig. 94 *m*). Ist bei Abführung der Feuergase die dem Zuge nachtheilige Reibung möglichst zu vermeiden, so muss der Fuchs direct und frei von unnützen Krümmungen und Ecken bei nicht abnormen oder unregelmässigen Querschnitten zur Esse führen; zuweilen passiren aber Feuergase und Dämpfe vor dem Eintritt in die Esse noch Flugstaub- oder Condensationskammern (Fig. 219, 222). Während zu enge Füchse die Reibung vermehren und dadurch Zug und Verbrennung beeinträchtigen, so entlassen zu weite Füchse die Wärme zu rasch. Um einen zu weiten Querschnitt zu verändern, versieht man deshalb wohl ansteigende oder horizontale Füchse mit von oben oder seitlich einzusetzenden Schiebern (Register, *l* in Fig. 227) von Eisen oder Thon, falls man bei höheren Temperaturen nicht vorzieht, statt des sehr leidenden Registers im Fuchs eine Klappe (Temper) auf der Esse zur Regulirung des Zuges anzubringen (Puddel- und Schweissöfen). Soll ein Ofen rasch geheizt werden, so öffnet man anfangs die Klappe und schliesst sie nach eingetretener lebhafter Verbrennung so weit als erforderlich. Dürfen die gas- oder dampfförmigen Producte aus dem Herdraum zeitweilig dem gewöhnlichen Fuchse nicht zugeführt werden (z. B. beim Chargiren in Arsenikröstöfen), so hat man wohl am Ofen einen Nebenfuchs (verlorner Fuchs, *b* in Fig. 230) mit eigener Esse, der unter Verschluss des Hauptfuchses zu Zeiten geöffnet wird. Bei Oefen mit rechteckiger Herdfläche bringt man zur gleichmässigeren Vertheilung der Wärme mehrere Füchse an, welche dann gewöhnlich in einer Leitung sich vereinigen, bevor sie in die Esse gehen. Der Fuchs erhält zweckmässig $^1/_6$—$^1/_4$ des Querschnittes des Heizraumes.

Die aus dem Fuchse entweichenden Feuergase (Ueberhitze) werden entweder direct der Esse zugeleitet oder zuvor noch weiter benutzt, z. B. zur Dampferzeugung (Puddel- oder Schweissöfen), zur Winderhitzung in Röhrenapparaten (Fig. 100) oder Siemens'schen Regeneratoren, zum Trocknen und Darren von Brennstoffen (Fig. 100), zur Erhitzung von Röstvorrichtungen (Spence's Ofen[1]) u. A.

Fig. 241. Spence's Ofen. *A* Röstofen mit 12 m langem und 1.8—2.7 m breitem Herd *a*, welcher durch die in dem Canal *b* aus dem Kupfererzschmelzofen *B* abziehenden, durch *c* nach der Esse gelangenden Feuergase erhitzt wird. *e* Chargirtrichter. *f* Fuchs. *g* Mischraum für die aus dem Röstofen *A* kommende schweflige Säure und die aus dem Salpeterkasten *h* tretenden Salpetergase. *i* Bleikammern. Beispiel.

86. Esse (Schornstein).[2]) Dieselbe soll die S. 275 angegebene Wirkung herbeiführen und befindet sich gewöhnlich an der einen Seite des Wirkungsweise.

1) B. u. h. Ztg. 1865, S. 26; 1866, S. 304.

2) Kerl, Met. 1, 494. Scheerer, Met. 1, 398, 500. Dürre, Giessereibetrieb 1, 430, 433, 454, 472; 2, 262. Wirkung der Esse: Berggeist 1861, No. 69. Knapp's chem. Technol. 1, 314. Geraderichten schiefer Essen: Berggeist 1866, No. 45. Polyt. Centr. 1867, S. 724. Bullet. de la soc. de l'industr. minér. livr. 1 de 1875 (Henry). Abtragen hoher Schornsteine: B. u. h. Ztg. 1871, S. 435. Gruner-Kupelwieser, Abhandl. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 283, 292. v. Reiche, Anlage u. s. w. der Dampfkessel 1876, S. 28. Armengaud, Génie industr. 1876 Vol. 26. Metallurgical Review 1878 Febr., S. 551.

Ofenkörpers und mit diesem durch den Fuchs in Verbindung, falls nicht für mehrere Oefen eine gemeinschaftliche Esse vorhanden oder zwischen dieser und dem Fuchse Rauchcondensationsvorrichtungen

Fig. 241.



(Fig. 219, 222) eingeschaltet sind. Zur Hervorbringung der grössten Leistungsfähigkeit muss die Esse das Austreten der Gase mit solcher Geschwindigkeit gestatten, dass eine möglichst vollständige Verbrennung des Brennmaterials auf dem Roste rasch stattfindet.

Theorie der Essen.

Das Princip der Essen behuf Erzeugung von Zug basirt auf der verschiedenen Dichtigkeit, somit der verschiedenen Schwere der T^{0} heissen Luft im h Meter hohen Schornstein und eines gleichen Volums gewöhnlicher atmosphärischer Luft von t^{0} Temperatur.

Reducirt man nun mit Hilfe des Gay-Lussac'schen Ausdehnungscoëfficienten die Höhe der kalten Luftsäule von t^{0} auf die Höhe, bis zu welcher sie sich beim Erhitzen auf T^{0} ausdehnen würde, und zieht die erstere Zahl von letzterer ab, so lässt sich die Differenz als eine Fallhöhe betrachten, aus welcher man nach der betreffenden Formel für den Fall der Körper die zugehörige Endgeschwindigkeit finden kann, welche theoretisch der Ausströmungsgeschwindigkeit v der Luft am Ende des Schornsteines entspricht, und zwar ist nach Scheerer's Berechnung [1])

$$v = 7.90 \sqrt{h\left(\frac{1 + T \,.\, 0.003665}{1 + t \,.\, 0.003665} - 1\right)}.$$

Erfahrungsmässig beträgt die wirkliche Geschwindigkeit der aus der Esse ziehenden Gase etwa nur $^1/_4$ der berechneten, indem deprimirend auf den Effect wirken: die Reibung der Luft im Fuchs, im Schornstein und zwischen den Roststäben, die Erhitzung der Luftsäule über die Esse hinaus, die wechselnde Zusammensetzung der Feuergase, Witterungseinflüsse [2]), namentlich Winde [3]), Schutzvorrichtungen gegen dieselben (Essenhüte, Dächer u. s. w.) u. A. Peclet [4]) hat für einen Theil dieser Einflüsse das theoretische Resultat corrigende Coëfficienten gefunden, ein anderer Theil entzieht sich aber der Calculation, so dass die aufgestellten Formeln keinen absoluten Werth für die Berechnung der Essen geben, aber doch nach-

Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 10, 431; 20, 717, 721. Maschine zum Besteigen der Schornsteine in Dingl. 214, 196. Reparaturen an hohen Schornsteinen in Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1879, No. 5, 10. Formel zur Kostenberechnung: in deutsch. Töpfer- und Ziegler-Zeitung 1875, S. 52. Ledebur, die Oefen f. metallurg. Processe, S. 30.

1) Scheerer, Met. 1, 398. Berechnung des Zuges in Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1877, No. 10. Glaser's Annal. d. Gewerbe- u. Bauwesens 1878, No. 21, S. 314. 2) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 14, 383. 3) B. u. h. Ztg. 1864, S. 219; 1866, S. 304. 4) Peclet, über die Wärme und deren Verwendung. Deutsch v. Hartmann 1860, Bd. 1, S. 157.

stehende Daten liefern: senkrechte Essen sind gegen geschleifte, in Bezug auf Luftgeschwindigkeit, die vortheilhaftesten und zeigen um so stärkern Zug, je höher sie bis zu einer gewissen Grenze sind, je geringere Reibung bei zweckmässigem Querschnitt darin stattfindet, je weniger sich die Gase in der Esse abkühlen (in Folge hinreichender Dicke und Dichtigkeit der Wände, sowie Trockenhaltens derselben) und je grösser die Temperaturdifferenz zwischen der Essen- und der äussern Luft ist. In verschieden hohen Essen verhält sich der Zug unter sonst gleichen Umständen wie die Quadratwurzeln der Höhen, und die durchgesaugte Luftmenge ist zunächst direct proportional der Essenhöhe und auch abhängig von der Temperatur des Apparates. Es steigert sich aber der Essenzug mit zunehmender Höhe und Temperatur nicht gleichmässig, sondern die Steigerung wird immer kleiner. Temperaturen von 200—300° C. und Höhen von höchstens 50 m sind dem Maximalzug am günstigsten. Der Berechnung gegenüber hat man auch Instrumente zum Messen des Zuges (Zugmesser, S. 141) angewandt. Glatte Innenwände und kreisförmiger Querschnitt vermindern die Reibung und eine Kegel- oder Pyramidenform bei bedeutender Höhe erhöht die Stabilität der Essen, namentlich den Stürmen gegenüber. Die Reibung nimmt mit der Höhe und der Abnahme des Durchmessers zu, weshalb zu enge Essen zu vermeiden sind. Man unterscheidet den totalen vom freien Essenquerschnitt und versteht unter letzterem die Summe aller kleinen von der Luft an dem Fusse der Esse durchgezogenen Raumquerschnitte, veränderlich je nach der Qualität des Brennstoffs (gröbere, nicht backende Stücke lassen mehr Luft durch und es wird der freie Querschnitt grösser als bei Kleinkohle oder backenden Brennstoffen) und der Höhe der Schüttung auf dem Roste (höhere Schüttung beeinträchtigt den Zug mehr, als niedrige).

Bei Herstellung der Essen kommen hauptsächlich nachstehende Punkte in Rücksicht:

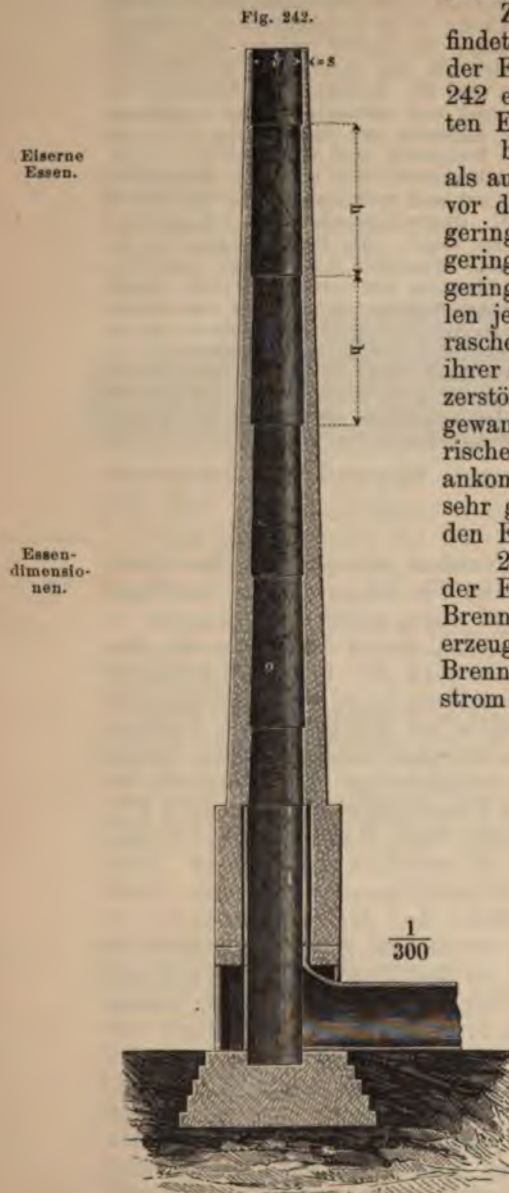
1) das Baumaterial und zwar *Essenmaterial.*

a) Steine. Derartige Essen von rundem oder quadratischem Querschnitt, am häufigsten angewandt und für längere Dauer berechnet, werden entweder neben dem Ofen auf einem massiven Fundament erbaut und stehen mit ihrem unteren Theil durch den Fuchs mit dem Arbeitsraum in Verbindung; oder es wird die Esse zweckmässiger durch eiserne, auf gegossenen Trageständern ruhende Platten getragen und es bedarf nur eines kurzen Fuchses bei dem theilweisen Einragen des Flammofens in den Zwischenraum zwischen den Tragsäulen; oder es haben, behuf Ersparung von Raum, Anlagekosten und Brennstoff, zur Beseitigung von Rauch u. s. w. mehrere Flammöfen eine gemeinschaftliche in einiger Entfernung stehende hohe Esse (Centralesse), zu welcher unterirdische Canäle von den einzelnen Oefen führen. Diese müssen in einer gewissen Ordnung in den Schornstein münden, damit der Zug der einzelnen Oefen nicht leidet und der Schornstein ist mit eingemauerten Zungen zu versehen, welche das Zusammenstossen der verschiedenen Gasströme verhindern, so dass diese sich erst vereinigen, nachdem sie alle die nämliche, und zwar die verticale Richtung genommen haben. Wo solche Essen Dämpfe und wenig erhitzte Gase aufzusaugen haben, versieht man sie wohl am Fusse mit einer separaten Feuerung. Die Canäle der einzelnen Oefen müssen möglichst vor ihrer Vereinigung parallel geführt werden und grössere Querschnitte erhalten, um grössere Geschwindigkeiten, als 3—4 m zu vermeiden. Da, wo der Fuchs unmittelbar in den Schornstein mündet, ist dieser Uebergang zweckmässig durch eine stark ansteigende Curve zu vermitteln. Die Essen erhalten ein Futter, in den unteren Theilen feuerfest, und um dieses eine Armatur aus Stein oder Eisen (Blech oder Gusseisen). Dadurch gekühlte Essen, dass man zwischen äusserer

Gemauerte Essen.

und innerer Mauerung einen der Luft zugängigen Zwischenraum lässt, oder Essen mit durchbrochenem Rauhgemäuer haben nicht immer bessere Resultate gegeben als volle Essen.

Fig. 242.



Zur Regulirung der Temperatur befindet sich meist oben auf der Mündung der Esse eine stellbare Klappe. Die Fig. 242 ergiebt die Einrichtung einer gemauerten Esse.

Eiserne Essen.

b) Eisen.[1]) Häufiger aus Eisenblech, als aus Gusseisen gefertigt, haben dieselben vor den gemauerten Essen Raumersparniss, geringeres Gewicht, raschere Herstellung, geringere Ansprüche an den Baugrund und geringere Reibungswiderstände voraus, kühlen jedoch die darin befindliche Luftsäule rascher ab, ziehen aber trotzdem wegen ihrer Glätte besser als gemauerte. Leichter zerstörbar als diese werden sie meist angewandt, wenn es auf rasche und provisorische Herstellung, auf nicht lange Dauer ankommt oder wenn der Baugrund nicht sehr günstig ist. Durch Klappenventile in den Essen lässt sich der Zug reguliren.

Essendimensionen.

2) Die Dimensionen.[2]) Die Höhe der Esse wird durch die Dichtigkeit des Brennstoffes, die Grösse der Stücke, die zu erzeugende Temperatur, die Höhe der Brennstoffschicht, die Grösse der dem Gasstrom sich entgegenstellenden Widerstände, die Temperatur der entweichenden Gase u. A. normirt und mit ihrer Zunahme steigt der Zug, wie bemerkt (S. 301), aber nicht gleichmässig.

Der höchste Schornstein Deutschlands[3]) in der Bochumer Gussstahlfabrik hat 138.7 m Höhe über dem Fundament, Tiefe des Fundamentes 4.55 m, Durchmesser im Fundament 9.41 m, im Sockel 9.1 m, lichte Oeffnung unten 5 m, oben 2.82 m mit noch 392 mm Mauerstärke. Höchster Schornstein der Erde in Glasgow, 142.64 m hoch von der Fundamentsohle, 138.38 m vom Terrain ab.

Nach Gruner's Berechnung hat man von Essen, welche höher als 50 m sind, keinen bedeutenden Vortheil mehr. Für einen lebhaften Zug darf man nicht unter 15 m gehen, besser sind 20—30,

1) Polyt. Centr. 1872, S. 962. 2) Dimensionenberechnung in Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 20, 577. Dingl. 223, 139. 3) Berggeist 1865, No. 96. Kerl, Met. 1, 495. v. Reiche c. l., S. 40. *Thonindustrieztg.* 1879, S. 75 (Glasgow).

ja 40—50 m, wenn bedeutende Widerstände zu überwinden sind. Centralessen von gewöhnlich 40—50 m Höhe erhöht man, wenn sie Gase und Dämpfe in höhere Luftregionen schaffen und dadurch unschädlich machen sollen, bis auf 120 m und mehr. v. Reiche empfiehlt die Höhe dem 25fachen kleinsten Durchmesser des Schornsteins gleich zu setzen und sein kleinster Querschnitt sei = $^1/_4$ der Gesammtrostfläche bei Steinkohlen und $^1/_6$ der Gesammtrostfläche für Braunkohlen. Gewöhnlich haben Essen für Glühöfen bis 10 m, für Schweiss- und Puddelöfen wenigstens 15 m und bei Nutzung der Feuergase zur Dampfkesselheizung 20—30 m.

Der Querschnitt der Esse (S. 275) richtet sich nach dem zur Verbrennung einer gewissen Menge Brennstoffs erforderlichen Luftvolum in der Zeiteinheit, der mittleren Temperatur der Luft in der Esse [1]), der Grösse der Reibungswiderstände, hauptsächlich bedingt durch Gestalt, Grösse und Schütthöhe des Brennstoffs, der Lage und dem Querschnitt des Rostes u. A. Das Verhältniss zwischen dem Flächeninhalt der Rostöffnungen (dem freien Querschnitt) und dem Essenquerschnitt liegt gewöhnlich zwischen 1 : 1 und 2 : 1.

Nach Gruner berechnet man die Essenquerschnitte so, dass, wenn die verbrannten Gase 200—300° C. erreichen, die Geschwindigkeit 5 m in der Secunde nicht übersteigt, wenn keine bedeutenden Hindernisse zu überwinden, d. h. wenn die Canäle kurz und weit sind, während man im entgegengesetzten Falle im Maximum 3—4 m nimmt.

Einen die wenigste Reibung verursachenden runden Querschnitt giebt man eisernen und hohen gemauerten Essen, niedrigen der billigeren Steine wegen meist einen quadratischen, seltener oblongen Querschnitt. Derselbe bleibt am günstigsten in der ganzen Höhe fast gleich, verengert sich nur einige Decimeter unter der Spitze, weil sonst, wenn die Geschwindigkeit an der Ausströmungsöffnung zu klein, der aufsteigende Rauch durch die Winde zurückgestaut werden könnte. Eiserne Essen verengert man ebenfalls häufig nach oben behuf Vermehrung der Standfähigkeit, seltener tritt eine Erweiterung desselben nach oben ein. [2]) Schornsteinkränze sind bei Wind dem Zuge schädlich.

Zuweilen kann es in ökonomischer Hinsicht sich empfehlen, statt einer höheren Esse eine niedrigere mit eingeleitetem Dampfstrahl [3]) (z. B. Körting's Schornsteinventilator) oder einen Exhaustor anzuwenden, welch letzterer die Feuergase oder sonstige Gase und Dämpfe ansaugt und ins Freie bläst. Man wendet hauptsächlich Ventilatoren und Kapselräder an, welche grosse Luft- und Gasmassen bei geringer, letztere auch bei grösserer Pressung fortschaffen. Die Geschwindigkeit und somit die Spannung der Essengase ist weit geringer, als wenn die Luftzuführung durch ein Gebläse stattfindet. Während Gebläse bei niedrigstem Druck und engen Ausflussquerschnitten über 40 m Luftgeschwindigkeit hervorbringen, zeigen nach Gruner Essen von 100 m Höhe bei 1000° Temperatur der ausziehenden Gase nur 39.25 m Zuggeschwindigkeit. Selten fehlt eine Esse an Flammöfen ganz (Treiböfen und Spleissöfen mit Holz gespeist). Gebläse.

87. Arbeiten in Flammöfen. Diese weichen, je nachdem der Manipulationen.

1) Berggeist 1865, No. 73. 2) Dingl. 161, 431. 432; 210, 267. Schles. Wochenschr. 1861, No. 32. B. u. h. Ztg. 1862, S. 256, 344; 1873, S. 19. 3) Kick, techn. Blätt. 1871, S. 252. Mining Journ. 1867, S. 493.

Ofen ein Röst- oder Schmelzofen, ab und können im Allgemeinen folgende sein:

Herdzurichtung.

1) Die Herrichtung des Ofenherdes entweder aus feuerfestem Mauerwerk (Röstöfen, Oefen zum Umschmelzen des Roheisens), aus Gusseisen (Bleiraffiniröfen), aus aufgestampften feuerfesten Massen (S. 205), wie Mergel (Treib- und Spleissöfen), Thon (Bleiraffiniröfen, Bleiflammöfen) u. s. w., aus ein- oder aufgebrannten feuerfesten Massen (Quarzherde in Kupferflammöfen, in Oefen zum Umschmelzen von Roheisen und Schweissöfen), aus strengflüssigen Schlacken (Puddelöfen), aus Bauxit, Thon und Eisenerzen (rotirende Puddelöfen).

Chargiren.

2) Das Chargiren, das Einbringen der Substanz durch die Arbeitsthüren oder durch Trichter im Gewölbe oder durch die Krählvorrichtung (Kuschel und Hinterhuber's Röstofen, S. 289), Ausbreiten derselben oder ungleichmässige Vertheilung an verschiedenen Stellen. Meist geschieht das Chargiren intermittirend, doch hat man auch Röstöfen mit continuirlichem Betriebe, bei welchen man das Erz u. s. w. in unterbrochenem Strome auf den Herd bläst (Ofen von Keith)[1]), oder dasselbe durch eine Kette ohne Ende, eine Schnecke u. s. w. langsam über den Herd führt (Ofen von O'Hara[2]), Wilson[3]), Corbell und Bradford[4]), oder dasselbe fortschaufelt (Fortschaufelungsöfen).

Das die Wärme nur oberflächlich aufnehmende Metallbad u. s. w. darf in seiner Höhe nicht zu beträchtlich sein, damit sich die Wärme hinreichend nach unten hin fortpflanzen kann. Wenn möglich, z. B. wo ein mechanisches Durcharbeiten nicht erforderlich, giebt man dem Herde einige Neigung und lässt das zu oberst gebrachte Material (Roheisen u. s. w.) tropfenweise die schiefe Ebene hinabfliessen, wobei sich die Sohle erhitzen kann. Nach Ledebur kann man bei Oefen mit geneigtem Herde, um stündlich 100 kg Metall zu schmelzen, eine Herdfläche von 0.5—0.8 qm rechnen, bei Oefen mit horizontalem Herd eine Höhe der flüssigen Metallschicht von höchstens 200 mm, bei oxydirenden Schmelzungen, z. B. in Puddelöfen, oft nur 20—30 mm, wonach sich dann die Grösse der Heıdfläche ermitteln lässt und daraus sich alle übrigen Ofenabmessungen ergeben.

Manipulationen.

3) Arbeiten im Herde. Bei Röstöfen bestehen die Hauptmanipulationen in einem Durchkrählen, Wenden und Translociren oder zeitweiligen Fortbewegen der Substanzen (Fortschaufelungsofen, S. 288), Zerklopfen von Sinterknoten, Einmengen von Zuschlägen, Probenehmen, Sintern- oder Schmelzenlassen u. s. w. Man hat die Handarbeit durch mechanische Vorrichtungen entbehrlich zu machen gesucht (Parkes' Röstofen mit rotirendem Krähl, S. 290, aus dessen hohlen durchlöcherten Armen wohl heisse Luft in das aufgekrählte Röstgut strömt [Eitorf[5])], Brunton's und Kuschel-Hinterhuber's Ofen mit rotirendem Herd, S. 289, Brückner's Ofen mit rotirendem Cylinder, S. 293). Eiserne Krähle (Oefen von Parkes und Brunton) sind wandelbarer als solche aus feuerfester Masse (Ofen von Kuschel und Hinterhuber) und erstere deshalb weniger zur Geltung gekommen. Die mechanischen Röstöfen gestatten Brennstoff-, Zeit- und Löhneersparung, der Kuschelsche z. B. für Zinkblende resp. 43 Proc. an Brennstoff und 68 Proc. an Löhnen

1) B. u. h. Ztg. 1865, S. 117; 1870, S. 417, 433. 2) B. u. h. Ztg. 1869, S. 282. 3) B. u. h. Ztg. 1869, S. 129. 4) B. u. h. Ztg. 1852, S. 265; 1869, S. 129. 5) B. u. h. Ztg. 1878, S. 175.

gegen einen Fortschaufelungsofen. In Schmelzöfen beschränken sich die Arbeiten meist auf ein Durchrühren — wobei durch den durchlöcherten Krückenkopf wohl gepresste Oxydationsluft zuströmt (Rittinger's Verblasen der Kupferleche [1]) —, Zusetzen von Zuschlägen, Probenehmen, Polen u. A. Auch hier hat man die Handarbeit beim Umrühren durch mechanische Mittel ersetzt (rotirende und schwingende Puddelöfen, mechanische Puddler).

Den Verlauf der Arbeit beurtheilt man u. A. nach dem Aussehen der Massen im Ofen (Abtreiben, Puddeln), durch Spanproben (Gaarkupfer), durch Schöpfproben nach Farbe, Bruchansehn, Sprödigkeit, Oberflächenbeschaffenheit u. s. w. (raffinirtes Kupfer, Kupferstein, Zinn, Roheisen), durch Auslaugeproben (Rösten von silber- oder kupferhaltigen Substanzen).

4) Beschüren und Lüften des Rostes in verschiedener Weise, je nachdem eine helle, Klinkerrost- oder Gasfeuerung [2]) stattfindet. Bei directer Feuerung erhält man auf dem Roste der Röstöfen mit verhältnissmässig grossem Herde eine höhere Brennmaterialschicht, in Folge dessen sich brennbare Gase in reichlicherer Menge erzeugen, welche den Raum über dem Röstgute im Herde einnehmen, mit der durch die Arbeitsöffnungen zutretenden Luft verbrennen und das Röstgut in eine gleichmässige, nicht zu hohe Temperatur versetzen. Bei Schmelzöfen dagegen, welche einen grösseren Rost und kleineren Herd haben, erhält man zur Steigerung der Hitze eine niedrigere Brennstoffschicht auf dem Roste, so dass die theilweise unzersetzt durch den Rost hindurch gehende Luft sich erwärmt, beim Eintritt der Gase durch das Flammloch in den Herd sich damit mengt und letztere lebhaft verbrennt. Durch Zuführung am besten heisser Verbrennungsluft durch Schlitze in oder vor der Feuerbrücke kann die Verbrennung noch gesteigert werden. Das Annässen der Steinkohlen ist verwerflich (S. 105). Schüren u. Rostlüften.

Die Asche fällt entweder von selbst durch den Rost oder wird durch dessen Zwischenräume herabgestockelt oder durch Ausziehen von Roststäben oder mechanische Mittel (Schüttelrost) u. dgl. m. beseitigt.

5) Entfernung der bearbeiteten Massen aus dem Herde. Aus Röstöfen entfernt man pulverförmiges Röstgut (Staubrösten) durch Ausziehen mit Krücken aus der Arbeitsöffnung auf die Hüttensohle oder in Gefässe, oder durch eine mit einer Thon- oder Eisenplatte zu bedeckende Oeffnung (*g* in Fig. 221) in der Herdsohle in einen darunter befindlichen, wohl mit Transportschnecken (wie in Fig. 154) und Transportgefässen versehenen Raum, aus welchem dann noch entwickelte Gase und Dämpfe in einen Schornstein gelangen. Beim Sinter- und Schlackenrösten erfolgende gefrittete oder schlackige Massen zieht man durch die Arbeitsthür aus oder sticht sie in letzterem Falle ab. — Aus Schmelzöfen fliessen die erzeugten Producte entweder von selbst ab (Blei aus dem Kärnthner Ofen, Fig. 226, Glätte und Abstrich aus dem Treibofen) oder sie werden abgestochen (Spleissofen, Fig. 240, englischer, Fig. 228, und fran- Ausräumen, Abstechen.

1) Oest. Ztschr. 1871, S. 273. 2) Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1879, No. 9, S. 86.

zösischer Bleiflammofen, Kupferschmelzofen, Zinnofen, Fig. 229, Oefen zum Umschmelzen des Roheisens) oder durch die Arbeitsöffnungen in halbflüssigem Zustande (Rückstände aus den Bleiöfen, Fig. 226, 227) oder fest (Puddel- und Schweissöfen, Treiböfen) herausgeschafft oder aus dem Sumpfe des Herdes ausgekellt (Kupferraffiniren, Umschmelzen des Roheisens) u. s. w. Die geschmolzenen Massen gelangen entweder direct auf die Hüttensohle (Glätte, Schlacken) oder in Fördergefässe (Glätte, Schlacken) oder in Formen aus Sand (Kupfersteine, Roheisen) und Eisen (Roheisen) oder in Wasser (Granuliren von Roheisen, Kupfer, Kupferstein) oder werden aus einem Stechherde in Formen ausgeschöpft (Werkblei, Zinn) oder aus dem Herde in Scheiben gerissen (Kupferstein, Gaarkupfer) u. s. w.

Ausbrechen des Schmelzherdes.

6) Beseitigung des Schmelzherdes. Durch Eindringen von Schwefelmetallen, Metallen (Kupfer, Eisen), Oxyden (Glätte) u. s. w. werden die Herdmassen mehr oder weniger hart. Gelingt das Ablösen derselben mit einem Spitzhammer nicht (z. B. öfters bei Kupferraffiniröfen), so müssen sie zerschlagen, zersägt, mit Pulver oder Dynamit gesprengt oder in Weissgluth versetzt und dann mit kaltem Wasser plötzlich in Berührung gebracht werden. Die Dauer des Herdes hängt von der Höhe der darin hervorzubringenden Hitze, der Feuerbeständigkeit des Materials und der corrodirenden Wirkung der Substanzen ab.

Während z. B. geröstete Kupfererze in Stücken den Herd weniger angreifen, weil die ausschmelzenden leichtflüssigen Schwefelmetalle durch die Zwischenräume der Stücke auf die Sohle gelangen und diese mit einem schützenden Ueberzuge versehen, so ist dieses bei Pulverform des Erzes nicht der Fall und die Oxyde wirken auf die Sohle stärker corrodirend ein.

Reparaturen.

7) Reparaturen am Ofengemäuer. Diese sind um so häufiger vorzunehmen, je höher die Temperatur im Ofen, je weniger feuerfest das Ofenbaumaterial und je schwächer die Kühlung der betreffenden Ofentheile.

D. Gefässöfen.

Anwendbarkeit.

88. Allgemeines. In denselben werden die zu behandelnden Substanzen in Gefässen aus Thon-, Guss- oder Schmiedeeisen einem Glühe- oder Flammenfeuer ausgesetzt, wenn die atmosphärische Luft ausgeschlossen werden muss (Saigern von Schwefelantimon, Gussstahlschmelzen, Cementiren des Eisens) oder wenn dampfförmige Körper aufzufangen und zu condensiren sind (Quecksilber-, Zink-, Schwefel-, Arsengewinnung) oder wenn Gase oder Dämpfe ungemischt mit den Verbrennungsproducten bleiben sollen (schweflige Säure zur Schwefelsäurebereitung, arsenige Säure). Hinsichtlich der Brennmaterialausnutzung sind diese Oefen weniger ökonomisch als Schacht- und Flammöfen.

Nach Früherem (S. 81) gehen z. B. beim Umschmelzen des Roheisens in Tiegeln gegen 86 Proc. Brennmaterial für die Schmelzung verloren und nach Gruner[1]) in Windöfen für Tiegelstahlschmelzung 1.7 Proc. der theoretischen Verbrennungswärme oder 3 Proc. der wirklich entwickelten Wärme in das Metall über. Einige Angaben über Wärmeverhältnisse solcher Oefen befinden sich auch S. 273.

1) Ann. d. mines 1875, S. 182. Oest. Ztschr. 1879, No. 14, S. 176 (Betriebseffecte der Herd-, *Schacht-, Flamm-* und Gefässöfen).

edebur[1]) macht über ihren absoluten Wirkungsgrad (S. 208) folgende Angaben: egelherdöfen zum Schmelzen von Stahl, Messing u. s. w. ohne Wärmezurück- hrung 2—3 Proc., Muffelöfen u. dgl. zum Glühen bei niedrigen Temperaturen Proc., Tiegelherdöfen mit Siemens'scher Feuerung 3—4 Proc., Pattinsonkessel m Bleischmelzen 10—22 Proc. wegen langsamen Aufsteigens der Gase in Zügen den Kessel herum und der guten Wärmeleitung des Gusseisens; Stahlcementir- en nach Mannesmann[2]) 1.89—2.4 Proc.

Man benennt diese Oefen entweder nach ihrer Gestalt (Tiegel-, uffel-, Röhren-, Retorten-, Galeerenöfen) oder nach dem rin vorzunehmenden Processe, als: Röstöfen (für Blende, Arsen- iese), Schmelzöfen (Probiröfen, Gussstahlöfen, Silberfein-Brenn- d Schmelzöfen, Montefiore-Ofen zur Zinkstaubverarbeitung), ublimiröfen (Fliegenstein, Raffination von arseniger Säure, Schwe- larsen, Schwefel), Destilliröfen (Schwefel, Zink, Quecksilber), aigeröfen (Schwefelantimon, Wismuth, Blei-Silber-Kupferlegi- ngen, eisenhaltiges Zinn), Cementir- und Glühöfen (Cementiren n Eisen, Glühen von Draht). Classification.

Da die Gefässöfen bei ihrer sehr mannigfaltigen Einrichtung von lgemeineren Gesichtspunkten aus sich kaum betrachten lassen, so llen die verschiedenen Constructionen bei den betreffenden Metallen her besprochen und hier nur durch einige Beispiele erläutert werden.

Beispiele. Röstöfen.

1. Röstofen und zwar

a) Mit Glühefeuer. Muffelprobir- en zum Rösten und Schmelzen (Fig. 7, 47).

b) Mit Flammenfeuer. Muffelprobir- en (Fig. 8); Spence's Röstofen für Kupfer- ze (Fig. 241); Gasmuffelofen (Fig. 9).

Fig. 243.



Schmelzöfen.

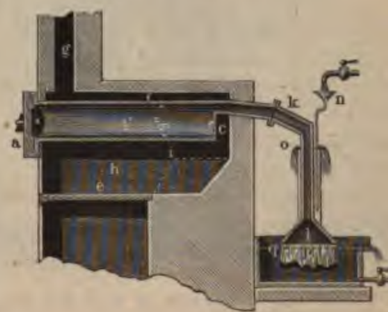
2. Schmelzöfen.

a) Mit Glühefeuer. Muffelprobir- en (Fig. 7). Wind- oder Zugofen zur fnahme von Schmelztiegeln[3]) (Fig. 4); ebläseofen zur Aufnahme von Tiegeln efström'scher Ofen, Fig. 6).

Fig. 244.



Fig. 245.



1) Ledebur, Verarbeitung der Metalle auf mechan. Wege, S. 393. 2) B. u. h. Ztg. 79, S. 84. 3) Piat's drehbarer Tiegelschmelzofen in Dingl. 229, 107; B. u. h. Ztg. 1879, 83. Ledebur, Verarbeitung der Metalle auf mechan. Wege 1877, S. 218 (Ausführliches über egelöfen u. s. w.).

Wegen minderer Kohlenoxydgasbildung eignen sich Cokes besser als Holzkohlen in Tiegelöfen, welche letztere bei zu grosser Höhe die Reduction der Kohlensäure begünstigen (S. 84) und den Brennstoffverbrauch erhöhen. Wegen verhältnissmässig geringer Oberfläche der Tiegel im Vergleich zur Ausstrahlungsfläche des Ofens und bei seiner geringen Höhe ist die Ausnutzung der Wärme eine sehr unvollkommene. Nach Ledebur beträgt der absolute Wirkungsgrad (S. 208) bei Verwendung von Cokes zum Schmelzen der Metalle mit weniger hoher Temperatur 0.05, für Gussstahl 0.03, durchschnittlich 0.4.

Fig. 246.

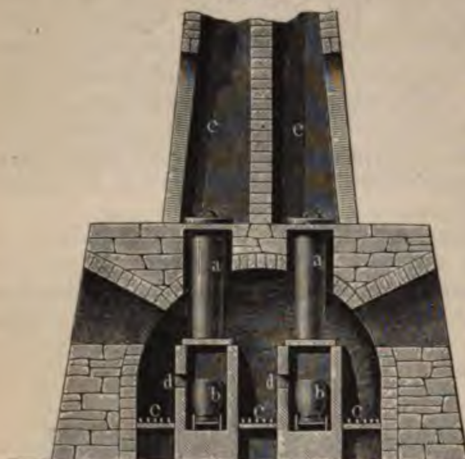


Fig. 247.



b) Mit Flammenfeuer. Stahlschmelzofen (Fig. 243). *a* Rost. *b* Schmelztiegel. *c* Füchse, zu Dampfkesseln, dann zur Esse führend. *d* Deckel. *e* Unterwindrohr. — Gasofen von Perret (Fig. 5). — Muffelöfen zum Probiren und Emailliren. [1])

Sublimiröfen. 3. Sublimiröfen mit Flammenfeuerung. Galeerenofen für Realgardarstellung (Fig. 244). *a* Thonröhren zur Aufnahme von schwefel- und arsenhaltigen Materialien. *b* Vorlagen zur Aufnahme des sublimirten Schwefelarsens. *c* Rost. *d* Züge. Man nennt derartige Oefen wegen Aehnlichkeit der nach beiden Seiten des Feuerraums ausgestreckten Röhren mit Rudern Galeerenöfen, während Gruner mit diesem Ausdrucke diejenigen Apparate belegt, bei denen zu beiden Seiten oder rings um die Feuerung Flächen (Banquettes) zur Aufnahme der Gefässe angeordnet sind, und gehören danach u. A. hierher schlesische Zinkdestilliröfen, Cement- und Gussstahlöfen (Fig. 243).

Destilliröfen. 4. Destilliröfen mit Flammenfeuerung. Amalgamdestillirofen (Fig. 245). *a* Röhre zur Aufnahme des Amalgams in eisernen Pfännchen. *e* Rost. *h* Feuerungsraum. *g* Schornstein. *c* Rohr zur Abführung der Quecksilberdämpfe. *k* Condensationsröhre mit am Rande mit Tuch *q* belegtem Trichter *l*, auf welche aus *n* Wasser zu und bei *o* überfliesst.

Saigeröfen. 5. Saigeröfen mit Flammenfeuerung. Schwefelantimonsaigerofen (Fig. 246). *a* Röhren zur Aufnahme des Grauspiessglanzerzes, dessen Schwefel-

1) Leroux' Emaillirofen in B. u. h. Ztg. 1879, S. 82.

antimongehalt beim Erhitzen von der Feuerung *c* aus durch eine Oeffnung im Röhrenboden in das Gefäss *b* austropft. *d* Züge. *e* Schornstein.

6. Cementiröfen mit Flammenfeuerung (Fig. 247). *A* Thonkästen zur Aufnahme von Stabeisen und Cementirpulver in abwechselnden Lagen. *B* Sammelraum für die Feuergase, welche von der Feuerung *a* aus die Kästen durch *c* umspielen und durch Canäle *d* aufsteigen. *e* Esse. *f* Probeöffnungen zum Untersuchen der Stäbe. *b* Aschenfall. Cementiröfen.

2. Capitel. Nebenapparate für trockne Processe (Rauchbeseitigungs-Vorrichtungen).

89. Allgemeines. Bei manchen Processen entweichen aus den Hüttenapparaten pulverförmige Substanzen, Dämpfe und Gase, welche unter dem Namen Hüttenrauch (Flugstaub, Nicht, Hüttennicht) bekannt, einestheils zu Metallverlusten führen [1]), anderntheils auf den thierischen Organismus und die Vegetation der Umgegend einen schädlichen Einfluss [2]) ausüben, so dass die Hüttenbesitzer oft beträchtliche Entschädigungen [3]) für Verwüstung der Aecker u. s. w. durch Hüttenrauch zahlen müssen. Hüttenrauch.

a) Pulverförmige Körper (Flugstaub), meist feine Erz- und Kohlentheilchen, Eisenoxyd, Zinkoxyd, Sulfate u. a., können auf die Vegetation schädlich wirken durch ihre hohe Temperatur, durch Verstopfung der Pflanzenporen [4]) und ihren Gehalt an wasserfreien schwefelsauren Salzen, welche in Folge schwacher Befeuchtung durch Nebel und Thau in concentrirte Auflösung gehen und die Pflanzen zerstören, durch Regen aber abgewaschen und in Folge der Verdünnung weniger schädlich werden. Aehnlich wirkt schwefelsäurehaltige Asche von Braunkohlen. Verdünnte Auflösungen von Sulfaten des Zink-, Kupfer-, Eisen-, Kobalt- und Nickeloxydes zeigten nach Freytag bei 0.1 Proc. Gehalt davon beim Begiessen nicht die geringste Störung des Wachsthums der Pflanzen; nach anderen Angaben [5]) tödten $^1/_{40}$ Proc. schwefelsaures Kupferoxyd, $^1/_{25}$ Proc. schwefelsaures Kobaltoxyd und $^1/_{15}$ Proc. schwefelsaures Nickeloxyd in Lösung die gewöhnlichen landwirthschaftlichen Culturpflanzen. In kalkigem Boden thuen die Sulfate keinen Schaden. Erdige Bestandtheile, sowie Eisenoxyd fallen zuerst nieder, während Zink- und Bleioxyd nebst den wasserfreien Vitriolen in der feinsten Vertheilung in weitere Entfernungen fortgetragen werden. Die Löslichkeit der Bestandtheile wächst mit der Entfernung von den Oefen und sind besonders neben arseniger Säure die Vitriole solche lösliche Bestandtheile. Es enthält auf den Freiberger Hütten der Flugstaub aus Röstöfen hauptsächlich arsenige Säure und Bleioxyd, untergeordnet Zinkoxyd; aus den Schachtöfen vorzugsweise in Wasser unlösliche Metallverbindungen (Schwefelblei, Arsen, Arsensuboxyd), dagegen wenig Zinkvitriol und arsenige Säure; von der Entzinkung im Flammofen Zinkoxyd, Zinkvitriol, Bleioxyd, Bleivitriol und wenig arsenige Säure. Flugstaub.

b) Dämpfe von Metallen und Metalloiden pflegen auf den thierischen Organismus schädlicher einzuwirken, als auf den pflanzlichen. Am schädlichsten tritt das Blei [6]) in seinen flüchtigen Verbindungen (Bleioxyd, Sulfat, Schwefelblei) Dämpfe.

1) B. u. h. Ztg. 1862, S. 382; 1871, S. 431. 2) Dr. Moritz Freytag, wissensch. Gutachten über den Einfluss, welchen die Hüttenwerke der Mansfelder kupferschieferbauenden Gesellschaft auf die Vegetation der benachbarten Grundstücke und indirect auf Menschen und Thiere ausüben. Eisleben 1870. Freiberger Jahrb. 1873 und 1875. Wagn. Jahresber. 1873, S. 180. Oest. Ztschr. 1878, No. 44. Berggeist 1870, No. 83. Eulenberg, schädliche und giftige Gase 1865. Ders., Handb. d. Gewerbshygiene 1876. Pappenheim, Handb. d. Sanitäts-Polizei, 2 Bde., 1870. Percy, Metallurgy of Lead. 1870, p. 523. Reich, Wirkungen des Hüttenrauches in B. u. h. Ztg. 1858, S. 165; 1867, S. 175. Sonnenschein in Dingl. 200, 336. American Journ. of mining. 1868, Vol. 6, p. 90. Reichel, die Sicherung von Leben und Gesundheit im Fabrik- und Gewerbe-Betriebe u. s. w. Berlin 1877 (Ber. über die Brüsseler Ausst. 1876). Freiberger Hüttenrauch in Oest. Ztschr. 1878, No. 43. Phillips, schädliche Dämpfe aus Fabriken in Iron 1879, No. 323, p. 361. 3) B. u. h. Ztg. 1867, S. 175. 4) Polyt. Centr. 1866, S. 1550. 5) Berggeist 1870, No. 83. 6) Kerl, Met. 1, 543. Tanquerel des Plantes, die gesammten Bleikrankheiten, deutsch v. Frankenberg. Quedlinburg 1862. Weickert, über die Krankh. d. Hüttenarbeiter in den Schmelzhütten bei Freiberg in Hartm. allgem. B. u. h. Ztg. 1862, No. 41, 43. Vohl, schädlicher Einfluss des Rauches der Blei- und Zinkhütten in Dingl. 169, 204. Mittel gegen Bleivergiftung in Dingl. 197, 93. Brockmann, metallurgische Krankheiten

auf; dasselbe wird von keinem anderen Gifte in der Langsamkeit und Dauer, aber Sicherheit der Wirkung übertroffen und erreicht den höchsten Grad seines schädlichen Einflusses in der furchtbaren, Hüttenkatze (Tabes saturnina) genannten Krankheit der Bleihüttenarbeiter.

Auf Vegetabilien scheint das Blei weniger zu wirken; der sterile Boden um Bleihütten herum wird meist der Wirkung der schwefligen und Schwefelsäure zugeschrieben, es kann jedoch Bleioxyd, durch den Einfluss von Bestandtheilen der Atmosphärilien (Ammoniak, Salpetersäure) löslich gemacht, in den Erdboden eindringen und sich mit den zur Ernährung der Pflanzen dienenden löslichen Humusbestandtheilen zu unlöslichen Verbindungen (humussaurem Bleioxyd) vereinigen. Für eine solche Wirkung sprechen die Einflüsse der Oberharzer Fluthabgänge aus den Pochwerken.[1] Arsenikalische Dämpfe wirken ungleich milder, als arsenige Säure in Substanz und als Bleioxyd, auf den thierischen Organismus; Arsenikarbeiter sind häufig sehr wohl genährt und leiden nur an Geschwüren zwischen Armen und Beinen in Folge ätzender Einwirkung von Arsenikstaub. Die Pflanzen scheinen nicht von den Dämpfen zu leiden; es zeigt z. B. die Umgegend von Reichenstein in Schlesien nichts Abnormes. Die Menge der arsenigen Säure wächst mit der Entfernung von den Oefen bis auf eine gewisse Grenze, was wahrscheinlich in der Abkühlung des Rauches auf 100—200° und dadurch bewirktes Herausfallen des grössten Theils derselben im krystallinischen Zustande seinen Grund hat. Auf Freiberger Hütten nehmen unter den in die Luft geführten Verbindungen Zink und arsenige Säure den ersten Platz ein. Quecksilberdämpfe[2]) bewirken Störungen des Nervensystems und sind in hohem Grade schädlich. Als Gegenmittel ist Jodkalium[3]) empfohlen. Antimonrauch kann in concentrirtem Zustande brechenerregend wirken, z. B. beim Abstrichfrischen. Dampfförmige Kupferverbindungen scheinen ohne schädliche Wirkung auf Thiere und Pflanzen zu sein, während von Zinkdämpfen[4]) ein schädlicher Einfluss bemerkt ist. Früchte auf kupfer- und zinkhaltigem Boden nehmen die Metalle auf und gehen daraus in den menschlichen Körper, z. B. in die Leber über, ohne Einfluss auf die Lebensfunctionen wegen zu geringer Menge. Alte Kupfergaarmacher haben zuweilen grünliches Haar. Galmei, Zinkoxyd, Schwefelzink sind ohne wesentlichen Einfluss auf die Vegetation. Schwefeldampf findet sich nach Schweder[5]) im Röstrauche, entstanden durch Zerlegung von schwefliger Säure in Berührung mit Contactsubstanzen oder durch Kohlenoxyd, Kohle, Kohlenwasserstoff, bildet auf weite Entfernungen hin specifisch schwere weisse Nebel und ist der Vegetation minder schädlich, als schweflige Säure.

Gase. c) Von den Gasen übt schweflige Säure[6]), auf den thierischen Organismus weniger wirkend, einen mehr oder minder schädlichen Einfluss auf Pflanzen aus, desgleichen daraus entstehende oder beim Hüttenprocesse abgeschiedene schwefelsaure Dämpfe. Nach Turner[7]) tödtete eine $^1/_{10000}$ schweflige Säure enthaltende Luft innerhalb 48 Stunden alle Blätter einer Pflanze. Neuere Beobachtungen weisen aber nicht so ungünstige Resultate auf. Freytag machte nachstehende Beobachtungen: die Ackerkrume wird durch sich mit Wasser niederschlagende schweflige Säure nicht geschädigt in ihrer Beschaffenheit und die in Hüttendämpfen oder Verbrennungsgasen enthaltene schweflige Säure wirkt weder bei heiterem, noch bei Regenwetter auf die benachbarte Vegetation ein; feuchte neblige Luft mit 0.003 Gew. oder 0.00135 Vol.-Proc. schwefliger Säure fügt Pflanzen, wenn auch anhaltend in Berührung damit, keinen Schaden zu, dagegen ist Luft mit mehr als 0.004 Gew.-Proc. schwefliger Säure bei Gegenwart des zum Ausfällen erforderlichen Wassers den Vegetabilien verderblich, indem die Chlorophyllmasse zerstört wird; nach einigen Stunden erscheinen die Blätter wie von Rost befallen, theils gebändert, theils gelb und braun tätovirt, gekrümmt oder spiralförmig, später einschrumpfend und absterbend; bei 0.003—0.004 Proc. tritt die schädliche Wirkung in feuchter Luft nicht bei allen Pflanzen gleich stark auf, saftige junge Blätter, sowie blattreiche Gewächse

---

des Oberharzes. 1851. Hammerschmied, die sanitären Verhältnisse und die Berufskrankheiten der Arbeiter bei den k. k. österr. Berg-, Hütten- und Salinenwerken und Forsten. Wien 1873. Schaal, gesundheitsschädliche Einflüsse in Fabriken u. s. w. in Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 21, 385. Leyendecker, Abh. über die nachhaltige Einwirkung von Blei auf die Gesundheit der in Bleifarbenfabriken beschäftigten Arbeiter. Köln, du Mont-Schauberg.

1) Meyer, die Verheerungen der Innerste, 2 Bde. 2) B. u. h. Ztg. 1868, S. 13; 1869, S. 329, 422; 1871, S. 331; 1873, S. 317; 1875, S. 385. 3) B. u. h. Ztg. 1877, S. 236. 4) Dingl. 169, 204. Illustr. Gewerbe-Ztg. 1873, S. 215. Liebig's Jahresber. 1870, S. 1171; 1873, S. 874; *1874, S. 929.* Eulenberg, Gewerbshygiene 1876, S. 690. 5) B. u. h. Ztg. 1878, S. 422. 6) B. *u. h. Ztg. 1858, S. 165*; 1867, S. 175; 1874, S. 69. 7) Erdm. J. f. ökon. Chem. 15, 296.

leiden am meisten; es geht wahrscheinlich die schweflige Säure schon in feuchter Luft, namentlich aber im Boden rasch in Schwefelsäure über, welche corrodirend wirkt. Es können aber auch direct aus dem Hüttenprocesse, z. B. durch Zersetzung schwefelsaurer Salze, schwefelsaure Dämpfe hervorgehen, z. B. bei Röstungen. Ob die schweflige Säure als solche schädlich wirkt oder erst in Folge ihres Ueberganges in Schwefelsäure, ist danach noch nicht sicher entschieden. — Nach Stöckhardt[1]) war schweflige Säure enthaltender Steinkohlenrauch, in grossen Massen aus einem 25 m hohen Schornsteine tretend, in 630 m Entfernung der empfindlichsten Vegetation nicht mehr schädlich, desgleichen blieb Luft mit 0.00125 Vol.-Proc. schwefliger Säure auf angefeuchtete Nadelholztopfgewächse ohne Einfluss. Nadelhölzer sind empfindlicher als Laubhölzer, am meisten Tanne und Fichte, dann Kiefer und Lärche; von Laubhölzern am empfindlichsten Weissdorn, Weissbuche, Birke und Obstbäume, dann Haselnuss, Rosskastanie, Eiche, Rothbuche, Esche, Linde und Ahorn, am widerstandfähigsten Pappel, Erle und Eberesche. Die schweflige Säure geht beim Contact mit denselben in Schwefelsäure über und benachtheiligt nach Schröder[2]) die Transpiration der Pflanzen und zwar am Tage mehr, als des Nachts. — König[3]) fand in krankhaften Nadelholzbeständen in der Nähe der Zinkhütte von Lethmate in Westphalen bis 13 Theile Schwefelsäure in den Nadeln und bis 3.26 Theile in den Zweigen, in deren Asche resp. 21.6 und 7.8 Theile in 1000 Theilen Trockensubstanz. — Nach Langer enthält in Freiberg der austretende Essenrauch aus Röstflammöfen 0.6, aus Röststadeln 0.4, aus den englischen Flammöfen 0.16 Volumprocent schweflige Säure. Die Zerstörung der Waldungen in der Nähe der Oberharzer Bleihütten dürfte z. B. hauptsächlich durch schweflige Säure bewirkt sein.[4])

Von besonders schädlichem Einflusse sind die Gase, wenn sie mit hoher Temperatur ausströmend gegen Berggehänge treten, z. B. die Gase aus Rösthaufen und Röststadeln. Nach Freytag's Beobachtungen zeigte die mit Gasen eines 37.7 m hohen Schornsteins bei 94—157 m Entfernung in Berührung kommende Luftschicht unmittelbar über dem Boden keinen Zehntelgrad Temperaturzunahme.

Wo Schwefelsäurefabriken auf Hüttenwerken vorhanden sind, kann salpetrige Säure für die Umgebung lästig werden. Dieselbe wird aber meistens mittelst Gay-Lussac'scher Cokesthürme oder Glover'scher Denitrirungsthürme[5]) unschädlich gemacht.

Bei Röstungen und Schmelzungen mit chlorhaltigen Substanzen (Chlornatrium, Chlorcalcium), sowie in chemischen Fabriken entwickeln sich Chlorgas und Salzsäure, höchst schädlich für die benachbarte Vegetation[6]), letztere nach Christel noch auf Entfernungen von 1000 m. Von untergeordneter Bedeutung ist Flusssäure, welche beim Verschmelzen flussspathhaltiger Geschicke auftreten kann. (Die Fensterscheiben von Gebäuden in der Nähe der Hütten von Birminghame erscheinen von Flusssäure matt geätzt, welche sich beim Verschmelzen der Bleischlacken von Derbyshire dadurch entwickelt, dass die Schwefelsäure des Bleisulfates aus dem Fluorcalcium der Schlacken Fluor austreibt.[7]) Ein Gehalt der Gichtgase an Kohlensäure, Kohlenoxydgas und Cyan kann eine Vergiftung mit den Gasen in Berührung kommender Personen herbeiführen.[8])

90. Vorrichtungen zur Beseitigung des Hüttenrauches. Diese sind je nach dem Aggregatzustande der Rauchbestandtheile mehr oder weniger wirksam und beruhen theils auf mechanischen, theils auf chemischen Effecten.

1) Flugstaub. Zu dessen Auffangung wendet man mit Scheidewänden versehene, besser neben dem Ofen, als über demselben (Fig. 167) gelegene hinreichend geräumige und mit einem Schornsteine verbundene Flugstaubkammern[9]) an, in welchen die Geschwindigkeit des Flugstaub fortführenden Gasstromes sich verringert und demselben durch Zungen Hindernisse entgegen gestellt werden. Zweckmässig hat

Beseitigung des Flugstaubes.

1) Bgwfr. 13, 609. B. u. h. Ztg. 1850, S. 344. Polyt. Centr. 1874, S. 1367. Wagn. Jahresber. 1874, S. 278. 2) Dingl. 207, 87. 3) Dingl. 229, 299. 4) Rettstadt in Allg. Forst- u. Jagdztg. 1845, S. 132. 5) B. u. h. Ztg. 1871, S. 340. Muspratt's Chemie 6, 232, 253. 6) Polyt. Centr. 1857, S. 1220. Gutachten von Sonnenschein in Dingl. 200, 336; von Christel in Arch. d. Pharm. 197, 252. 7) Revue univers. 1871, Bd. 29, p. 309. 8) Percy-Wedding, Eisenhüttenkunde 2, 389. 9) Kerl, Met. 1, 560.

der Boden solcher Kammern, welche aus Mauerwerk oder der bessern Kühlung wegen aus mit Theer überzogenem Eisenbleche oder Bleiplatten hergestellt sein können, Trichterform, so dass man aus dessen Spitze mittelst Schiebers den Flugstaub ablassen kann.[1] Durch eine Schaalenprobe[2]) kann man sich von der Grösse der Metallverflüchtigung überzeugen. Zur Beseitigung von Dämpfen und Gasen genügen diese Vorrichtungen nicht.

Beseitigung der Metalldämpfe.

2) Metalldämpfe. Die Beseitigung derselben auf chemischem Wege (Hindurchleiten durch glühende Kohlen[3]), Zersetzung durch Salpetersäure[4]) u. s. w.) hat sich im Grossen nicht anwendbar gezeigt und man ist deshalb dabei stehen geblieben, die Dämpfe durch Abkühlung zu verdichten. Hierzu sind nachstehende Vorrichtungen in Anwendung gekommen:

Condensationsvorrichtungen.

a) Trockencondensatoren, welche durch Zugverminderung und Abkühlung wirken, in Gestalt geräumiger Kammern neben oder als weniger wirksam wegen Zugerregung über dem Hüttenapparate (Fig. 248), oder zweckmässiger langer Canäle (in Kammern zuweilen durch Längswände hergestellt), zuweilen im Zickzack an einem Berggehänge sich in die Höhe ziehend und am höchsten Punkte in eine zur Erzeugung des nöthigen Zuges hinreichend hohe Esse mündend, oft von mehreren Kilometern Länge (Fig. 249). Bei derartigen Vorrichtungen, welche je nach ihrer Geräumigkeit mehr oder weniger wirksam und kostspielig sind, ist man auf Bleihütten[5]) wegen ihrer Einfachheit und geringen Unterhaltungskosten meist stehen geblieben. Namentlich durch die Reibung an den Canalwänden wird die Geschwindigkeit des Dampf- und Gasstroms vermindert und die Präcipitation begünstigt. Kammern aus Blei oder getheertem Eisenbleche lassen eine raschere Kühlung zu, als gemauerte[6]), desgleichen solche mit eisernen Deckplatten, die Fugen mit feinem Sand und einem leichten Theerüberzuge geschlossen (Freiberg). Auf den Eurekawerken in Nevada z. B. gelangen die Dämpfe durch einen 250 m langen Canal von galvanisirtem Eisenblech in einen 12.5 m hohen hölzernen Schornstein, dessen Mündung 64 m höher liegt, als diejenige der Ofenchargirthür. Zur Erzielung von Zug müssen zuweilen die Essen erwärmt oder mit Saugvorrichtungen versehen werden. Damit der in geräumige Kammern durch einen Eintrittscanal gelangende Rauch mit nicht zu grosser Geschwindigkeit dem Austrittscanale zueilt, muss derselbe gegen ein Hinderniss, z. B. eine Scheidewand stossen und um dieses herumgehen. Lässt man den Rauch durch trockene Cokes ziehen, so wird zwar dessen Verdichtung begünstigt, aber es tritt nach einiger Zeit eine Verstopfung der Poren ein und der Zug leidet, freilich weniger als bei feuchten Cokes. Nesseltuch lässt sich ausstäuben. Passiren trockene Canäle nach dem Verlassen der Oefen ein feuchtes Terrain, so wird die Absatzbildung

1) B. u. h. Ztg. 1871, S. 285. 2) B. u. h. Ztg. 1857, S. 69. 3) Plattner's Röstprocesse, S. 350. 4) Oest. Ztschr. 1854, S. 313. 5) Kerl, Met. 1, 554. B. u. h. Ztg. 1863, S. 89 (Spanien); 1864, S. 256 und Oest. Ztschr. 1878, No. 42, Taf. 17 (Freiberg). Preuss. Ztschr. 13, Taf. 6; 15, 71 (Tarnowitz). B. u. h. Ztg. 1863, S. 245, 254; 1867, S. 175 (viele deutsche und englische Hütten). Dingl. 179, 444. Percy, Metallurgy of Lead. 1870, p. 438, 448. Rev. univers. 1871, T. 29, p. 279. Condensation durch den Beutelprocess (Nesseltuch, Mousselin) in B. u. h. Ztg. 1871, S. 434. 6) Kühlkraft eiserner und hölzerner Canäle. Alkaliact. 1863. Fifth Annual Report by the Inspector pro 1868, p. 22. B. u. h. Ztg. 1871, S. 245. Oest. Ztschr. 1878, *No. 43, S. 440.*

erschwert. Namentlich durch Einwirkung von Feuchtigkeit und schwefliger Säure können solche Canäle stellenweise bald zerstört werden. [1]) Man stellt dieselben zweckmässig aus in Theer gesottenen Steinen her. Das Ausräumen derselben geschieht kostspieliger durch Menschen, als durch einen Wasserstrom, welcher aber das Gemäuer rasch zerstört.

Fig. 248.



Beispiele.

Giftthurm zur Condensation arseniger Säure (Fig. 248). *A* Arsenkiesröstofen. *a* nach dem Giftthurm führender Canal.

Giftfang zur Condensation arseniger Säure (Fig. 249). *a* Röstofen für arsenhaltige Zinnerze, aus welchem die Arsendämpfe durch den Fuchs *b* und den Canal *c* in den Condensationscanal *d* und die Kammer *e* mit den Schornstein *f* gelangen. *g* Nebenesse.

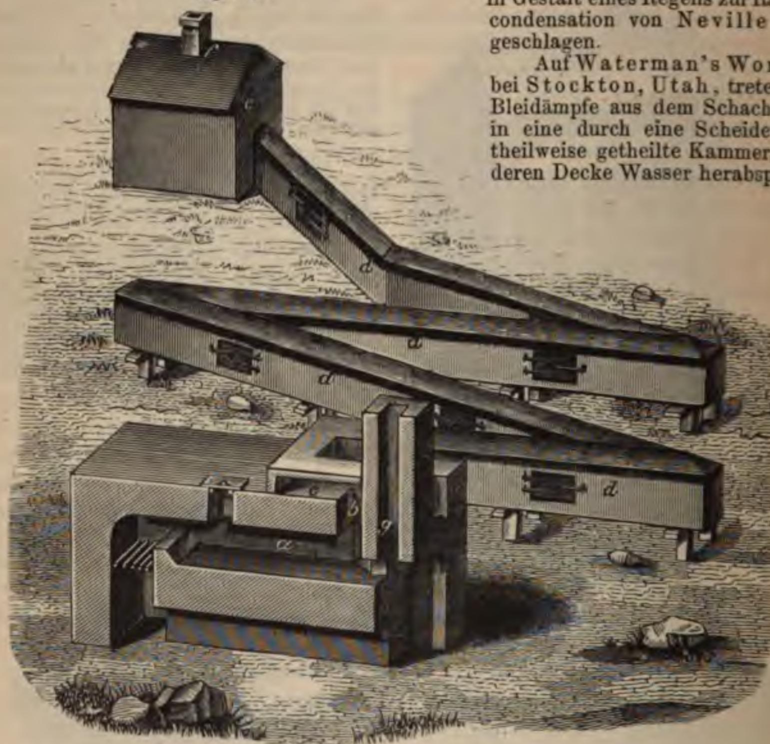
b) **Wassercondensatoren.**[2]) Der Rauch durchzieht entweder Kammern, von deren Decke Wasser herabtröpfelt (**Regenkammern**), oder Canäle mit porösen, durch Wasser angenetzten Substanzen[3]), wie Cokes, Kieselsteine, oder der Rauch wird mittelst Luftpumpen oder Gebläsen durch Wasser gesogen oder hindurchgepresst[4]), oder mittelst einer Schnecke mit dem Wasser in Berührung gebracht (**Bennet's** Apparat[5]), oder in die Abzugsfeuercanäle münden Wasserspritzröhren.

Derartige Vorrichtungen in England mehrfach in Anwendung, haben sich auf die Dauer nicht immer bewährt, sie sind complicirt,

1) B. u. h. Ztg. 1869, S. 279. 2) Kerl, Met. 1, 556. B. u. h. Ztg. 1867, S. 174. Revue univers. 29, 278. 3) Percy, Metallurgy of Lead. 1870, p. 442, 444, 447. 4) Percy c. l. u. 441. 5) B. u. h. Ztg. 1865, S. 147, 202.

kostspielig in der Anlage und Reparatur, erfordern Maschinenkraft zum Heben des Wassers und auch wohl zur Belebung des Zuges durch Aspiratoren oder sind kostspielig wegen erforderlicher besonderer Erwärmung der Esse. Enthalten die Dämpfe arsenige Säure, so muss man verhüten, dass das durch Condensation des Wasserdampfes erhaltene Wasser in Quellen, Brunnen u. s. w. gelangen kann. Man hat dasselbe wohl durch Abdampfen auf arsenige Säure benutzt oder über Filterbetten von Schwefelkies-Röstrückständen geleitet. [1])

Fig. 249.



Schon 1823 wurde Wasser in Gestalt eines Regens zur Rauchcondensation von **Neville** vorgeschlagen.

Auf **Waterman's Works** [2]) bei **Stockton, Utah**, treten die Bleidämpfe aus dem Schachtofen in eine durch eine Scheidewand theilweise getheilte Kammer, von deren Decke Wasser herabspritzt. Ein rotirender Cylinder mit Schneckengang an dem trichterförmigen Boden der Kammern entfernt das Condensirte nach einer Oeffnung am tiefsten Punkte des Trichters. — Röstrauch von Kiesen in Südaustralien, Colonie **Victoria** [3]), passirt einen ansteigenden Canal, in Zwischenräumen mit Reisigwänden versehen, auf welche Wasser tröpfelt.

c) **Wasserdampfcondensatoren.** [4]) Der Rauch wird mit Wasserdampf gemischt in eine Regenkammer, durch feuchte Cokes u. s. w. geleitet. Obgleich namentlich für heisse Dämpfe (z. B. Treibrauch) wirksamer, als die vorhergehenden Vorrichtungen, theilen diese

1) B. u. h. Ztg. 1875, S. 385. 2) B. u. h. Ztg. 1875, S. 376. 3) B. u. h. Ztg. 1875, S. 384. 4) **Kerl**, Met. 1, 559. B. u. h. Ztg. 1862, S. 382; 1863, S. 129. **Percy**, *Met. of Lead. 1870, p. 444.* Revue univers. 29, 278.

Dampfcondensatoren die Schattenseiten derselben und erfordern noch die Beschaffung von Wasserdampf, so dass sie sich wenig in Ausführung finden. Der durch Wasser condensirte Dampf giebt grossentheils nur Nebel, welcher sich mit den darin schwebenden Rauchtheilen nur langsam senkt, und es ist ungemein schwierig, diesen Nebel in dem grossen Ueberschusse heisser Luft zur Flüssigkeit zu verdichten.

Wasserdampf wurde zu vorstehendem Zwecke schon 1778 von Watson, später 1848 von Richardson und Young, dann von Fallize und Rivot empfohlen.

Beseitigung der Gase.

3) Gase. Es kommen besonders in Betracht:

Schweflige Säure.

a) Schweflige Säure.[1]) Die Beseitigung derselben gelingt mehr oder weniger leicht, je nachdem sie durch andere Gase (Luft, Verbrennungsproducte) verunreinigt ist oder nicht. Danach kommen in Anwendung:

α) Die Umwandlung der schwefligen Säure in Schwefelsäure.[2]) Dieses Verfahren ist neuerdings als sehr wirksam und pecuniär vortheilhaft auf vielen Hüttenwerken (Freiberg, Mansfeld, Ober- und Unterharz, England u. s. w.) eingeführt, indem man schwefelhaltige Substanzen in Kilns, Schüttöfen u. s. w. röstet und dabei eine von anderen Gasen, ausser von Stickstoff wenig verunreinigte schweflige Säure erhält. Behuf ihrer Abkühlung und zur Abscheidung von Flugstaub und Condensation von Dämpfen (arsenige Säure, Antimonoxyd) leitet man die Gase z. B. in Freiberg durch ausgedehnte Canäle aus getheerten Ziegeln[3]) in gemauerte Condensationskammern mit eisernen Deckplatten oder besser noch in Bleikammern. Ist dagegen die schweflige Säure durch andere Gase zu stark verdünnt, so muss eines der folgenden Mittel zu ihrer Beseitigung angewandt werden.

β) Einleiten der schwefligen Säure in hohe Essen. Nachdem der Rauch zur Abscheidung von Flugstaub und zur Condensation von Dämpfen lange Canäle oder Flugstaubkammern passirt hat, wobei die schweflige Säure unter dem Einflusse feuchter Luft und basischer Oxyde theilweise schwefelsaure Salze bildet, führt man die Gase durch eine Esse in so hohe Luftregionen ab, dass die schweflige Säure vor der Berührung mit der Vegetation hinreichend verdünnt wird, um nicht mehr schädlich zu wirken. Die Höhe des Schornsteins hängt von lokalen Verhältnissen, namentlich auch von der entwickelten Menge schwefliger Säure ab. Die Schornsteine brauchen nicht sehr hoch zu sein, wenn nach Hasenclever's Vorschlag so viel Luft mit der schwefligen Säure in die Esse geleitet wird, dass das Gemenge auf die Freytag'sche unschädliche Grenze von 0.003 Gew.-Proc. der Säure verdünnt wird.

In Freiberg[4]) enthielt angestellten Versuchen zufolge der Rauch der Schmelzflammöfen vor dem Eintritte in die Atmosphäre $^1/_{500}$—$^1/_{700}$, der aus Röststadeln $^1/_{250}$ und der aus Muffelöffen $^1/_{160}$ seines Volumens an schwefliger Säure. Nach dem Austreten aus der Esse fand man im Rauche aus den Röststadeln schon bei 10 Schritt Entfernung nur noch $^1/_{56000}$, bei 60—70 Schritt aber $^1/_{90000}$ und ebendaselbst

1) Kuhlmann, condensation des vapeurs acides et experiences sur le tirage des cheminées. Lille, Danel 1879. Geh. der Essenluft an schwefliger Säure in B. u. h. Ztg. 1858, S. 164.
2) Kerl, Met. 1, 546. B. u. h. Ztg. 1864, S. 256; 1866, S. 58; 1867, S. 175; 1871, S. 182; 1874, S. 69; 1878, S. 108. Rev. univers. 1871, 4. livr., p. 69. Fortschritte in Freiberg in Oest. Ztschr. 1878, No. 43.
3) Wirkung der Röstgase auf einen gemauerten Canal in B. u. h. Ztg. 1869, S. 279.
4) B. u. h. Ztg. 1864, S. 256.

bei lebhafterem Windzuge $^1/_{130000}$ des Volums schweflige Säure; eine schädliche Einwirkung der Säure auf die Vegetation dürfte bei einer Verdünnung auf $^1/_{80000}$ nicht mehr wahrzunehmen sein.

γ) Die Absorption der schwefligen Säure durch Wasser in den Canälen ist nicht vollständig [1]); man hat sich wohl des dabei erfolgenden sauren Wassers unter Zuthun von Salpetersäure zur Auflösung von Zink bedient, wobei neben Zinkvitriol Wasserstoff und Stickoxydul entstehen, welcher Gase man sich durch gegenseitige Verbrennung entledigt. [2])

δ) Beseitigung der schwefligen Säure durch chemische Mittel und theilweise Nutzbarmachung derselben. Als solche Mittel sind mit Erfolg in Anwendung gebracht: die Absorption der schwefligen Säure in Cokesthürmen durch Sodalösung oder Kalk (zu St. Blasien) [3]), die Auflösung oxydischer Kupfererze zu Stadtbergen und Linz [4]), die Zersetzung von Alaunerzen in Belgien [5]), die Ausziehung von phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Thonerde aus Eisenerzen [6]) in Kladno, Auflösen von gold- und silberhaltigen Eisensauen in Fahlun u. s. w.

Nicht ökonomisch vortheilhaft ist die wiederholt empfohlene und auch im Grossen ausgeführte Abscheidung von Schwefel durch Einleiten von schwefliger Säure in glühende Kohlen oder Cokes [7]), indem es besondern Brennmaterials zum Glühenderhalten der Cokes bedarf, bei dem nicht zu vermeidenden Ueberschusse von Luft Cokes nutzlos verbrennen, der Schwefel in sehr feiner Zertheilung erfolgt und in Folge von Schwefelkohlenstoffbildung ein Verlust daran stattfindet. Desgleichen haben sich nicht bewährt [8]): die Oxydation der schwefligen Säure durch Contactwirkung, die Zerlegung derselben durch Schwefelwasserstoffgas, durch glühenden Kalk und durch Schwefelbarium.

Chlorgas und salzsaures Gas.

b) Salzsaures Gas und Chlorgas führt man entweder in sehr hohe Schornsteine oder in 12—40 m hohe, aus Sandsteinplatten hergestellte und zu $^3/_4$ mit nassgehaltenen Cokes gefüllte Thürme, oder man bringt sie mit in Wasser suspendirten Substanzen, z. B. kohlensaurem Baryt oder Kalk [9]) in Berührung.

Schwefelwasserstoff.

c) Schwefelwasserstoffgas. Dasselbe kann sich unter Andern beim Ablöschen schwefelcalciumreicher Eisenhohofenschlacken oder gerösteter schwefelkieshaltiger Eisenerze entbinden und wegen seiner Giftigkeit Uebelstände herbeiführen. Am besten geschieht dieses Ablöschen unter Schlöten, die über den Ziehöffnungen sich befinden, oder an der Hinterseite der Oefen, wo weniger Arbeiter beschäftigt sind [10]) (Eisenhohöfen mit zwei Vorherden an den entgegengesetzten Seiten).

Arsenwasserstoffgas.

d) Arsenwasserstoffgas. Beim Verschmelzen schwefel- und arsenhaltiger Kupfererze in Schachtöfen ist ein Entweichen von Schwefel- und Arsenwasserstoff aus der Gicht beobachtet und durch Anbringung eines Schornsteins über derselben für die Arbeiter unschädlich gemacht. [11])

Das Auflösen von silberreichem Zinkschaum von der Werkbleientsilberung in Salzsäure hat Unglücksfälle durch Entwicklung von Arsenwasserstoff herbeigeführt. [12])

---

1) Kerl, Met. 1, 545. B. u. h. Ztg. 1866, S. 58. 2) B. u. h. Ztg. 1865, S. 147. 3) Berggeist 1869, No. 197, 101. B. u. h. Ztg. 1870, S. 19. 4) B. u. h. Ztg. 1856, S. 218; 1859, S. 107, 223, 438; 1860, S. 27, 191; 1866, S. 59. Oest. Ztschr. 1871, No. 14. 5) B. u. h. Ztg. 1864, S. 212; 1866, S. 59. 6) B. u. h. Ztg. 1870, S. 377; 1871, S. 330, 435. 7) B. u. h. Ztg. 1858, S. 174; 1866, S. 278; 1871, S. 182. Oest. Ztschr. 1871, S. 117. 8) B. u. h. Ztg. 1858, S. 173. 9) Polyt. Centr. 1857, S. 1315. Dingl. 136, 129. B. u. h. Ztg. 1874, S. 70. 10) Kerl, Met. 3, 230. *11) B. u. h. Ztg. 1871, S. 285.* 12) B. u. h. Ztg. 1869, S. 347.

3. Capitel. **Hilfsapparate und Werkzeuge für trockne Processe.**

91. Allgemeines. Dieselben [1]) dienen entweder zur Beförderung der in den Hüttenapparaten hervorzubringenden chemischen Reactionen (Gebläse nebst Zubehör, Zerkleinerungs-, Trennungs- und Mengapparate), oder zum Transport der Materialien und Producte, zur weiteren mechanischen Behandlung derselben (Förder- und Streckapparate, Gezäh u. dgl.) u. s. w. Zweck.

A. Gebläse nebst Zubehör.

92. Allgemeines. Gebläse [2]) sind Maschinen zur Erzeugung und Fortleitung zusammengepresster Luft (Wind) in Röhren, deren konisches Ende man Düse nennt und welches in der Form im Ofengemäuer ruht. Der Wind soll entweder eine Steigerung der Verbrennungsintensität oder eine kräftige oxydirende Wirkung hervorbringen. Den Ueberdruck des Windes über den Druck der Atmosphäre auf einen gewissen Querschnitt, gemessen durch die Höhe einer auf denselben Querschnitt drückenden Quecksilber- oder Wassersäule, nennt man Pressung des Windes. Zweck der Gebläse.

Zwischen Düse und Gebläsemaschine schaltet man häufig noch Apparate ein, welche entweder den aus manchen Gebläsen stossweise entlassenen, intermittirenden Windstrom in einen eine gleichmässige Verbrennung herbeiführenden continuirlichen Strom umwandeln (Regulatoren) oder die Intensität der Verbrennung steigern sollen (Winderhitzungsapparate). Nebenapparate.

Neuere Bestrebungen zur Erhöhung der letzteren sind darauf hinausgegangen, nach dem Mallet'schen Verfahren [3]) eine sauerstoffreichere Luft [4]), z. B. für den Hohofenbetrieb und zum Bessemern weissen Roheisens, auf die Weise zu schaffen, dass atmosphärische Luft wiederholt durch Wasser gepresst wird, welches dann einen grössern Antheil von Sauerstoff zurückhält, als von Stickstoff. Man wollte auf diese Weise alsbald eine Luft erzeugen können, welche an 50 Proc. Sauerstoff enthält, jedoch hat das Verfahren practischen Erfolg noch nicht gehabt. Hornbostel [5]) empfiehlt sauerstoffreiche Luft dadurch zu erzeugen, dass ein Luftstrom unter Druck in innige Berührung mit Schwefelsäure und Braunstein gebracht wird, wobei letzterer ohne Anwendung von Wärme Sauerstoff an die Luft abgiebt.

I. Gebläsemaschinen.

93. Classification der Gebläse. Diese kann geschehen: Classification.

1) Nach der Art und Weise der Druckwirkung, durch welche die Luft comprimirt wird, und zwar ist wirksam: Druckwirkung.

---

1) J. v. Hauer, die Hüttenwesensmaschinen. Wien 1876. (Gebläse, Gichtaufzüge, Hämmer, Luppenpressen und Luppenmühlen, Walzwerke, Scheeren, Schneidwerke, Circularsägen.) Sammlung von Zeichnungen für die „Hütte“. v. Kerpely, Fortschr. der Eisenhütten-Technik. Bd. 1—12. Weisbach, Ingenieur- und Maschinenmechanik. Bd. III. 2) Karsten's Eisenhüttenkunde Bd. 2 und dessen Metallurgie Bd. 3. Scheerer's Met. 1, 406. Kerl, Met. 1, 567. Percy-Wedding's Eisenhüttenkunde. Zweite Abth., S. 40. Dürre, Giessereibetrieb 1, 536; 2, 268. v. Hauer, c. l., S. 1. Kohn, Iron and Steel-Manufacture, S. 44. Rittinger's Erfahrungen. Weisbach, Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. Bd. III. Grundsätze bei Gebläseanlagen: v. Tunner's Stabeisen- und Stahlbereitung 1858, Bd. 1, S. 246. Leoben. Jahrb. 16, 246. Jordan, Album du Cours de Métallurgie 1874, Taf. 31—36. Gruner-Kupelwieser, Abhandl. über Metallurgie 1878, Bd. 1, S. 317. Ledebur, die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege 1877, S. 73. Geschichtliches in Karmarsch, Gesch. der Technologie 1872, S. 243. 3) Philipps, der Sauerstoff, 1871. Muspratt's techn. Chem. 5, 1510. 4) B. u. h. Ztg. 1871, S. 137; 1873, S. 354. 5) Polyt. Review 1877, Vol. 4, No. 11.

a) Directer Druck, bei welchem die Luft mittelst eines sich bewegenden Theiles (Kolben)[1]) verdichtet und in die Windleitung geschoben wird. Dabei können die Wände des Raumes, in welchem die Luft verdichtet wird, biegsam oder fest, ferner der Kolben fest sein oder aus Wasser bestehen. Bei biegsamen Wänden (Lederbälgen) bildet der mit denselben verbundene Kolben den Begrenzungstheil des Verdichtungsraumes nach einer Seite hin; bei festen Wänden muss durch eine feste oder Wasserliderung[2]) der Kolben, ohne an seiner freien Bewegung gehindert zu sein, gegen die Wände abgeschlossen werden. Ferner kann die Bewegung des Kolbens und der damit zunächst in Berührung stehenden Lufttheile fortschreitend, drehend oder aus beiden zusammengesetzt, ununterbrochen oder intermittirend sein, in gleicher oder abwechselnd nach entgegengesetzter Richtung erfolgen (wechselnd sein).

Auf Grund dieser Verschiedenheiten classificirt v. Hauer die Gebläse wie folgt:

Luft- und Kolbenbewegung übereinstimmend. Kolben				Relative Bewegung der Luft gegen den Kolben
fest			Wasser-Bewegung	
Biegsame Wände, keine Liderung, Bewegung wechselnd: a) drehend: lederner Spitzbalg. b) geradlinig: Cylinderbalg.	Feste Wände, feste Liderung. Bewegung a) wechselnd drehend: Hölzerner Spitzbalg. b) wechselnd fortschreitend: Kasten- und Cylinder-Gebläse. c) a und b vereinigt: oscillirendes Cylindergebläse. d) drehend: Fabry's Ventilator, Rotationspumpe. e) fortschreitend: Nyst's Ventilator. f) d und e vereinigt: Lemielle's Ventilator.	Feste Wände, Wasserliderung. Bewegung a) wechselnd drehend: Wassertonnengebläse. b) wechselnd fortschreitend: Baader's Gebläse, Glokken-Gebläse, Harzer Wettersatz. c) fortschreitend: Paternoster-Gebläse.	a) ununterbrochen: Wassertrommelgebläse. b) intermittirend: Wasserstopfen-Gebläse, Wassersäulen-Gebläse, Gebläse am Mont-Cenis.	a) ohne Wasserliderung: Schrauben-Ventilator. b) mit Wasserliderung: Cagniardelle, Schöpfradgebläse.

Die hydraulischen Gebläse, bei denen Wasser als Kolben oder als Liderungsmittel dient, lassen eine Ansammlung der comprimirten Luft entweder in einem unveränderlichen Windkasten

1) Gewöhnlich bedient man sich des Ausdrucks Kolben nur für Kasten- und Cylindergebläse.
2) Abgeleitet von Leder, dann Liderung, oder von Augenlied (wegen des Dichtanschliessens), dann *Liederung* geschrieben.

Vassertrommelgebläse, Paternostergebläse, Wassersäulengebläse) oder einem veränderlichen Windkasten (Tonnengebläse, Cagniarlle, Schneckengebläse, Schöpfradgebläse u. s. w.) zu.

Wenngleich häufig von einfacher Construction, werden die hydraulischen Geäse doch immer seltener, weil sie einen feuchten Wind, meist von nicht hoher essung geben und durch Frost leiden.

b) Directer Druck verbunden mit einer Rotationsewegung, indem sich die Lufttheile in Folge ihrer Trägheit radial n der Umdrehungsaxe entfernen und mit einer aus der rotirenden d radialen combinirten Bewegung in die Windleitungsröhre treten entrifugalventilatoren).

c) Ein Dampfstrahl, welcher durch eine Düse ausströmt. In wissen Entfernungen von letzterer befinden sich eine Reihe auf nander folgender Zwischendüsen zum Lufteinsaugen. Aus dem entehenden Gemenge von comprimirter Luft und Wasserdampf wird zterer condensirt.

2) Nach dem Motor in Hand- oder Tritt-, Dampf-, ampfstrahl- und Wassergebläse[1] (Wasserrad, seltener Turne, wie zur Muldner Hütte bei Freiberg). Motor.

Wassergebläse wendet man meist nur auf mit vegetabilischem Brennmatele arbeitenden Hütten an, welche keine grossen und stark gepressten Windngen erfordern, und in solchem Falle kann das Wasser eine billigere Betriebsaft als Dampf unter der Voraussetzung abgeben, dass atmosphärische oder klimache Einflüsse (Frost und Regenlosigkeit) den anhaltenden Betrieb nicht beeinchtigen. Bei grösseren namentlich auf mineralisches Brennmaterial basirten ttenanlagen giebt man den Dampfmaschinen den Vorzug und ist man zu nselben von Wasserrädern vielfach übergegangen, um einen continuirlichen, von itterungsverhältnissen nicht abhängigen Betrieb zu ermöglichen (Siegen, Oberharz, nsfeld) und an Transportkosten für Erze u. s. w. zu sparen (Mansfeld), weil n bei Dampfkraft mit der Hüttenanlage unmittelbar neben den Schacht gehen nn. Zur Dampfentwicklung lässt sich meist die Ueberhitze von Oefen voreilhaft benutzen, insofern dadurch der Ofengang nicht gestört wird. Bei Vorhannsein sonst werthlosen Brennmaterialkleins kann eine separate Feuerung vorziehen sein. Während Dampfgebläse meist keiner Kraftübertragung bedürfen d direct wirken, so bedürfen Wassergebläse der ersteren gewöhnlich, da der Motor er eine rotirende, das Werkzeug eine geradlinige Bewegung macht. Zuweilen rken Dampf- und Wasserkraft zu gleicher Zeit (Ilsenburg). Zur Ueberwindung s todten Punktes bei den stets mit Kurbeln versehenen Wasserradgebläsen lässt n zweckmässig zwei oder mehrere Cylinder an derselben Welle arbeiten und die rbeln rechte Winkel mit einander machen.

3) Nach der Art des Materiales, woraus die Haupttheile beehen, (wie lederne, hölzerne, eiserne und hydraulische ebläse); nach der Gestalt (Balg-, Tonnen-, Glocken-, asten-, Cylindergebläse) u. s. w. Material.

4) Nach der intermittirenden (Balg-, Kasten-, Cylinder-, assertonnen-, Glockengebläse u. s. w.) oder continuirlichen ntlassung des Windstromes (Ventilatoren, Wassertrommelbläse, Cagniardelle u. s. w.). Windentlassung.

Die Auswahl eines Gebläses für einen vorliegenden Zweck chtet sich nach der damit zu erzielenden Pressung und Windmenge, Auswahl.

1) Berggeist 1871, No. 75. v. Hauer, c. l., S. 119.

der Beschaffenheit der Schmelzmaterialien, namentlich des Brennmaterials, der zu Gebote stehenden Betriebskraft, den zur Disposition stehenden Geldmitteln u. A.

Pressung von Lederbälgen 13—17 mm, Spitzbälgen 26—39 mm, Ventilatoren 26—52, meist nicht mehr als 30 mm, Cagniardellen und Kastengebläsen 26—65 mm, Kapselgebläsen bis 60 mm, Cylindergebläsen über 65—1000 mm Quecksilbersäule, letztere beim Bessemern und noch mehr.

Effect der Gebläse.

Die Wirkung des Gebläses lässt sich nach seinem Nutz- oder Krafteffecte (Verhältniss der angewandten zur wirklich ausgeübten Kraft) und dem Windeffecte (Verhältniss der durch Rechnung bestimmten eingesogenen zur ausgeblasenen Windmenge) beurtheilen.

Nutzeffect von Wassertrommelgebläsen 7—9, hölzernen Spitzbälgen mit oberschlächtigem Wasserrade 12—15, mit unterschlächtigem 5, Rittinger's Hochdruckventilator mit ober- und unterschlächtigem Wasserrade resp. 19 und 12, Centrifugalgebläsen höchstens 30, Kapselradgebläsen an 45, Dampfstrahlgebläsen bei kleinen Spannungen 75 und Cylindergebläsen für hohe Pressungen bis 75 Proc. Nutzeffect. Die Cagniardelle besitzt den grössten Nutzeffect. Windeffect bei hölzernen Kastengebläsen 5 : 3, bei eisernen Cylindergebläsen 4 : 3.

Durch den schädlichen Raum eines Gebläses, — d. h. den hohlen Raum, welcher beim Kolbenspiel noch nicht vollständig ausgepresst ist, wenn durch rückgängige Bewegung des Kolbens bereits wieder Luft eingesogen wird, — leidet der Nutzeffect der Gebläse.

Ersatz der Gebläse.

Zuweilen benutzt man einen Dampfstrahl zur Hervorbringung eines Stromes von gepresster Luft (Englischer Treibofen, Körting's und Stanley's Vorrichtung [1]) oder man lässt zur Erzeugung von Zug einen Dampfstrahl in die Esse gehen (S. 303).

Um die Gebläse vor Staub zu schützen und bei einer Vergrösserung der Hüttenanlage den Raum bei den Oefen nicht zu verengen, bringt man neuerdings in England die Gebläsemaschinen-Gebäude weit von den Hohöfen an. [2])

Im Nachstehenden sollen die beim Hüttenwesen hauptsächlich in Anwendung kommenden Gebläse kurz erwähnt werden; das Ausführlichere gehört ins Gebiet des Maschinenwesens.

94. Kolbengebläse und zwar:

Cylindergebläse.

I. Cylindergebläse. [3]) Dieselben bestehen aus dem Cylinder, in welchem sich der mit Liderung versehene Kolben bewegt, während Saug- und Druckventile den Ein- und Austritt der Luft vermitteln.

Die Cylindergebläse sind die vollkommensten Gebläse und besonders, wo es sich um den andauernden Betrieb handelt, für höhere Windpressungen (über 30 mm Quecksilber = 400 mm Wassersäule = 40 g pro qcm) vortheilhaft, wo dann ihr Nutzeffect bis 75 Proc. steigt, während derselbe immer ungünstiger wird, je mehr die Pressung abnimmt, indem die Reibungswiderstände in beiden Fällen nahezu dieselben bleiben und sich ihr Verhältniss zur Totalarbeit steigert. Dabei machen sich alsdann auch die verhältnissmässig hohen Anlagekosten in unvortheilhafter Weise geltend.

---

1) Neueste Erfindungen 1865, No. 24, S. 186. 2) Preuss. Ztschr. 14, S. 300. 3) Geschichtliches in: Fortschr. der berg- u. hüttenm. Wissenschaften in den letzten 100 Jahren. Freiberg 1867, S. 30. v. Reiche, die Maschinenfabrikation 1871. v. Hauer, c. l., S. 56. Gruner-Kupelwieser, Abhandl. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 319. Thielmann, *Bau und Verhältnisse von Cylindergebläsen* in Oest. Ztschr. 1873, No. 12.

a) Einfach und doppelt wirkende Gebläse, letztere bei geringeren Dimensionen eine vortheilhaftere Benutzung der Betriebskraft gestattend. Classification.

Erstere sind in Gestalt dreier einfach wirkender unten offener Cylinder statt eines doppelt wirkenden z. B. in Schweden[1]) und Russland[2]) in Anwendung, weil sie sich leicht an Ort und Stelle repariren lassen, ohne dass eine Unterbrechung des Hohofenbetriebes stattzufinden hat, und meist genügende Wasserkraft vorhanden ist.

b) Stehende, liegende und oscillirende Gebläse je nach der Lage der Cylinderaxe und angewandt je nach der zu Gebote stehenden Betriebskraft, dem disponibeln Raum u. A.

A. Stehende Cylindergebläse, seltener durch Wasser, als durch Dampf betrieben. Stehende Gebläse.

Ein solches doppeltwirkendes Cylindergebläse enthält nachfolgende einzelne Theile: Einzelne Theile.

1) Cylinder *a* (Fig. 250) von 0.941—3.766 m, durchschnittlich 1.255—2.197 m Durchmesser, 20 mm Wanddicke bei 0.94 m Durchmesser und bis 40 mm Wandstärke bei 1.57—1.88 m Weite. Windcylinder.

Bestes Verhältniss[3]) zwischen Durchmesser und Höhe bei Gebläsen von circa 1.255 m Durchmesser mit etwas darüber und darunter 1 : 1 wegen des geringsten Cylinderumfanges; bei grösseren Gebläsen ändert sich dieses Verhältniss und die Höhe nimmt zu. Querschnitt des Cylinders

$$Q = \frac{4}{3} \frac{V}{v} (1 + 0.004\, t)$$

worin: *V* das auf 0° reducirte Luftvolum in Cbkfuss oder cbm, welches dem Ofen pro Min. zuzuführen ist, *t* Temperatur der Luft und *v* Geschwindigkeit des Kolbens pro Min. in Met. (pro Sec. 0.47—1.25 m bei grossen Gebläsen). Kleinster Durchmesser der Kolbenstange bei 0.63, 0.94, 1.25 m Kolbendurchmesser resp. 60, 65 und 72 mm.

Grosses Gebläse mit 1.883 m weitem Dampf- und 3.766 m weitem Windcylinder bei 3.766 m Kolbenhub befindet sich z. B. zu Ebbw-Vale-Eisenwerk in England.[4])

Amerikanische stehende Gebläse haben nach v. Tunner[5]) meist bei grossem Cylinderdurchmesser (bis 2.20 m) geringen Hub (etwa 1.26 m) und grosse Tourenzahl (36—40). Der Gebläsecylinder zu Kladno[6]) hat 2.845 m Durchmesser und eben so viel Hub, Dampfcylinder von 1.502 Durchmesser und 2.529 m Hub.

An dem Cylinder sind unter gehöriger Dichtung (mit in Fett getränkter Pappe, Kitt aus Firniss, Mennige und feinzerschnittenem Hanf, Blei- oder Kupferringen) durch Anschrauben Deckel und Boden befestigt, an welchen sich wieder die Hälse mit den Einströmungs- (Sauge-) Ventilen *h* und *k* (Fig. 250) und Ausströmungs- (Druck-, Blase-) Ventilen *i* befinden, welche letztere die comprimirte Luft in den Sammelkasten *f* entlassen, von wo sie durch *g* weiter strömt.

Bei den älteren Gebläsen befindet sich vor der Ventilöffnung *a* (Fig. 251) ein grosses Klappenventil *l*, auf beiden Seiten oder nur auf der Vorderseite mit Blech und in letzterem Falle auf der Rück- Ventile.[7])

1) v. Tunner, Eisenhüttenwesen in Schweden 1858, S. 32. B. u. h. Ztg. 1857, S. 150. 2) v. Tunner, Russlands Montanindustrie 1871, S. 102. 3) Dürre's Giessereibetr. 1, 572. v. Kerpely, Fortschr. 4, 64. B. u. h. Ztg. 1868, S. 322. 4) v. Kerpely, Fortschr. 4, 64. Gebläse zu Creuzot in B. u. h. Ztg. 1868, S. 322. 5) Oest. Ztschr. 1877, No. 19. 6) Polyt. Centr. 1872, S. 1115. 7) Polyt. Centr. 1863, S. 705.

seite mit einem Brettchen durch Schrauben verbunden, wobei das am Ventilkasten befestigte Leder als Charnier dient. Auf die vier Kanten der Klappe sind Streifen von Schaf- oder Katzenfell aufgeleimt. Bei dieser Einrichtung bedarf es geräumiger, aber grossen schädlichen Raum herbeiführender Hälse und bei der pendelartigen Bewegung der Ventile einer gewissen Zeit zu ihrem Spiele, somit einer gewissen nicht zu grossen Geschwindigkeit des Kolbens, was wieder zur Erreichung eines bestimmten Effects geräumigere Cylinder erfordert. Bei neueren Constructionen wendet man zur Verringerung des schädlichen Raumes statt Klappenventile **Tellerventile** häufig in Gestalt der leichten **Fächerventile** an. Die **Galloway**'schen Gebläse [1]) enthalten zur Verminderung des schädlichen Raumes die Ventile in einem ringförmigen Raume rund herum an Deckel und Boden des Cylinders.

Fig. 250.

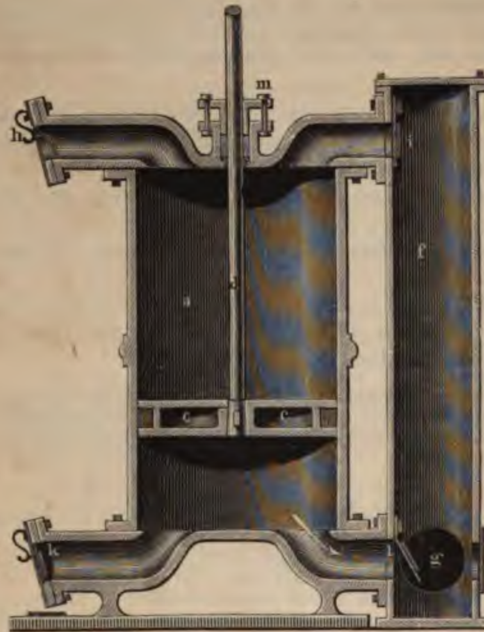


Fig. 251.



Fig. 252. *a* **Tellerventil** mit Gegengewicht über den Lufteinströmungsöffnungen *b*. *c* Luftausströmungsröhren. *d* Kolben. *e* Kolbenstange. Es beträgt im Vergleiche zur Kolbenfläche der Querschnitt des

	Saugventils:	Druckventils:
Nach **Redtenbacher**	10—9 : 1	22 : 1
„ **Dürre** [2])	10.7 : 1	15.6 : 1
„ **Weisbach** für langs. Gang	15—12 : 1	24—30 : 1
„ „ „ mittl. „	10— 6 : 1	20—12 : 1
„ „ „ raschen „	5— 2 : 1	10— 4 : 1

Zur Erzielung einer grossen Kolbengeschwindigkeit bei kleineren Cylindern hat man die Ventile durch hin- und hergehende oder rotirende Schieber (**Schiebergebläse**, **Schnellläufer** [3]) ersetzt, womit aber wieder andere Nachtheile verbunden sind, so dass solche Gebläse keine allgemeinere Anwendung gefunden haben und denselben meist grössere Cylinder bei langsamem Gange vorgezogen werden. Es erfolgt namentlich das Oeffnen und Schliessen der Schieber nicht so momentan und so zeitgemäss, wie bei den Ventilen, in Folge dessen der Nutzeffect sich vermindert.

1) Polyt. Centr. 1873, S. 1461. 2) **Dürre**, Giessereibetrieb 1, 564, 571. 3) **Kerl**, Met. 1, 594. v. **Hauer**, Hüttenwesensmaschinen, S. 102. Leoben. Jahrb. 12, 147 (1863); 24, 54. *Polyt. Centr. 1865, S. 1417.*

An dem Cylinderdeckel bei *m* (Fig. 250) befindet sich die Stopfbüchse (Fig. 253) zur sicheren und luftdichten Leitung der Kolbenstange *a*. *b* Stopfbüchsenkörper. *c* Deckel, welcher beim Anziehen der Schrauben *g* das mit Talg getränkte Hanfgeflecht *f* gegen die Kolbenstange presst. *d* und *e* die letztere umgebende Messingringe. Stopfbüchse.

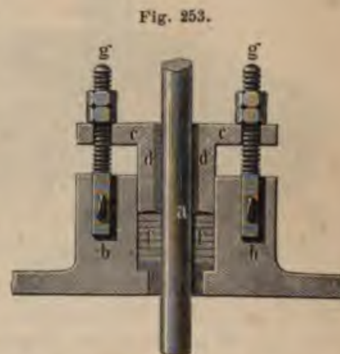
Fig. 252.



2) Gebläsekolben in Gestalt einer gusseisernen Scheibe mit konischer Nabe in der Mitte zur Befestigung der konisch abgedrehten Kolbenstange mittelst eines Keils. Gewöhnlich laufen von der Nabe Rippen radial bis zu einer cylindrischen Wand, hinter welcher sich die Liderung befindet. Zur Verminderung des schädlichen Raumes füttert man den Raum zwischen den Rippen mit Holz aus oder bringt einen Blechdeckel darauf an. Kolben.

Durchmesser des Kolbens 6—9 mm geringer, als derjenige des Cylinders; Länge des Kolbenhubes bei Cylindern mit nicht unter 1.6 m Durchm. gleich dem Kolbendurchmesser. Geschwindigkeit des Kolbens (S. 321) pro Min. bei grossen Gebläsen 53.3—113.0 m, gewöhnlich 75.3—94.1 m (nach Schinz[1]) findet die vortheilhafteste Wirkung bei 2 m Geschwindigkeit pro Sec. statt); Durchmesser der Kolbenstange bei 0.94 und 1.25 m Kolbendurchmesser 65 mm und 72 mm (S. 321).

Fig. 253.



Die Liderung kann sein: Liderung.

a) Lederliderung (Fig. 254, 255). *a* Kolbenstange. *u* Rippen auf der Kolbenscheibe. *r* Wand, hinter welcher die Liderung. *b* Lederscheiben, bei *m* nahe zusammenstossend, durch ringförmige Holzscheiben *h* und den Liderungsring *f* festgehalten. *i* mit Wolle ausgefüllter Raum zum Andrücken der Lederenden gegen die Cylinderwände. Statt des Leders hat man auch Kautschukschläuche[2]) angewandt, in welche die comprimirte Luft tritt und die Schläuche gegen die Gefässwand andrückt. Für schnellen und kräftigen Gang empfiehlt sich als dauerhafter

Fig. 254.



b) Segeltuch- oder Leinwandliderung (Fig. 256). *a* Kolbenscheibe mit darauf befindlichen radialen Rippen und cylindrischer Wand *d*, hinter welcher die Liderung *c* aus starker vielfach über einander gelegter Leinwand, wiederholt mit in dünnes Leinwasser gerührtem Graphit gestrichen. *f* mit Hülfe von Schrauben mehr oder weniger

1) Dingl. 202, 41. 2) Polyt. Centr. 1866, S. 199.

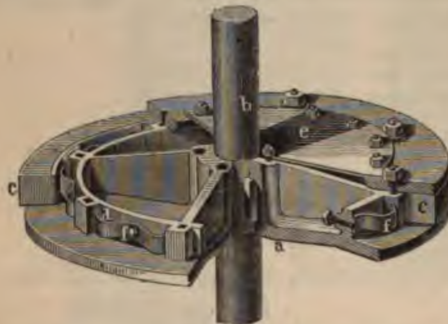
anzuspannende Federn, welche gegen einen unmittelbar hinter der Liderung befindlichen aufgeschnittenen, federnden Ring drücken, der die Liderung gegen die Gebläsewand treibt. Es können die Schrauben auch direct gegen den Ring gestellt werden, ohne Federn, oder man erzielt die drückende Wirkung gegen den Ring durch Excentriks. *b* Kolbenstange. *e* Blechdeckel.

Fig. 255.



c) Metallliderungen. Statt der Leinwand sind aufgeschnittene (federnde) Ringe von Messing, Stahl oder Gusseisen hinter einander angebracht, welche durch ihre eigene Elasticität oder durch die eben bezeichneten Mittel gegen die Cylinderwand gepresst werden. Es bedarf hierbei, wenn Kolbengeschwindigkeit und Druck der Liderung nicht zu gross, keiner Schmiere, welche sonst am zweckmässigsten in Gestalt von Graphitstaub angewandt wird, den man durch eine Saugeöffnung einsaugen lässt.

Fig. 256.



Bei dem Gebläse für die Luciöfen [1]) in den Vereinigten Staaten ist die Liderung mit rhomboëdrischen Bleiklötzchen in den Liderungsring eingegossen und es finden sich verschiedene Saugventile (oben Teller, unten Klappen) und Druckventile (oben Klappen und unten Teller) am obern und untern Cylinderdeckel.

Kolbenstange.

Die Kolbenstange erhält ihre Geradführung in der Stopfbüchse bei Balanciervorrichtung durch einen Gegenlenker oder ein Watt'sches Parallelogramm, weniger gut durch ein Zahnsegment am Ende des Balanciers, bei Abwesenheit des letzteren durch Gleitstangen oder Rahmen, seltener durch ein Planetenrad. Keiner besondern Vorrichtung bedarf es bei direct wirkenden Dampfmaschinen mit gemeinschaftlicher Kolbenstange für Dampf- und Gebläsecylinder.

Bewegungsweise.

Je nach der Verbindung der Kolbenstange mit dem Motor unterscheidet man:

Ind. wirk. Gebläse.

1. Indirect wirkende oder Balanciergebläse. [2]) Bei denselben stehen, durch einen neuerdings meist aus Blech gefertigten Balancier verbunden, Gebläsecylinder und Motor in einem Niveau. Zwar kostspieliger und mehr Raum nach der Länge erfordernd, als die direct wirkenden Maschinen, lassen Balanciergebläse bei unsicherem Baugrund ein dauerhafteres Fundiren zu, sind leicht zugänglich und bequem zu repariren und am Balancier lassen sich Pumpen und Supplementcylinder anbringen für Condensationsdampfmaschinen, für Wasser zum Formkühlen u. s. w. Die Geradführung der Kolben-

1) *Oest. Ztschr. 1877, No. 19.* 2) v. Hauer in Leoben. Jahrb. 24, 54.

stange in der Stopfbüchse geschieht durch einen Gegenlenker oder ein Watt'sches Parallelogramm, seltener durch ein Zahnsegment am Ende des Balanciers.

Motoren.

Je nach dem Motor hat man:

Dampfgebl.

a) Dampfgebläse, wegen dauerhafter Construction und Sicherheit namentlich in England [1]), Schlesien [2]), Kladno [3]), Nordamerika [4]) u. s. w. in Anwendung, sonst weniger in Deutschland (Duisburger Hütte) und Belgien wegen ihrer Kostspieligkeit und der bedeutenden Pressungen, welche Schwungradlager und Balancierlager auszuhalten haben.

Fig. 257.

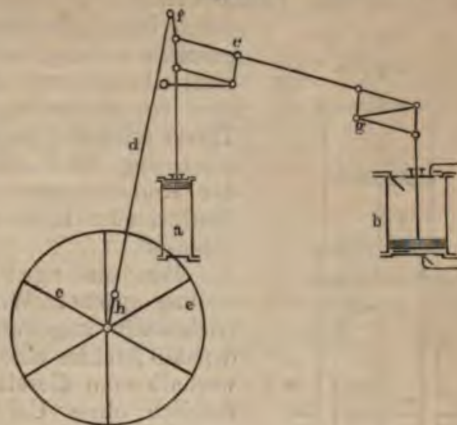
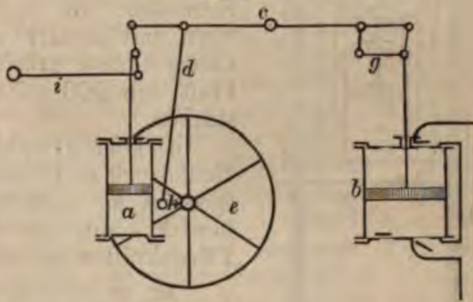


Fig. 258.



Eine in England [5]) besonders übliche Construction (Fig. 257) hat Dampfcylinder *a* und Gebläsecylinder *b* an beiden Seiten vom Aufhängepunkte des Balanciers, und die an der Kurbel *h* befindliche Kurbelstange *d* für das Schwungrad *e* befindet sich an einer hornartigen Verlängerung *f* des Balanciers ausserhalb des Dampfcylinders. *c* Watt'sches Parallelogramm. Diese Einrichtung erfordert zwar mehr Längsraum, ist aber zugänglicher und für die Liderung geeigneter, als die in Deutschland und auch sonst in England [6]) vorkommende Construction (Fig. 258), bei welcher die Schwungrad-Kurbelstange *d* zwischen Aufhängepunkt *c* des Balanciers und Dampfcylinders *a*. *i* Gegenlenker zur Gradführung der Dampfkolbenstange. *h* Kurbel. *e* Schwungrad. *g* Watt'sches Parallelogramm. Schwerer zugänglich ist die Anordnung zur Duisburger [7]) Hütte, bei welcher Gebläse- und Dampfcylinder neben einander an einem Arme des Balanciers, und die Kurbelstange des Schwungrades sich am andern Ende des Balanciers befindet. Es zeigt sich neuerdings das Bestreben, die Zahl der Kessel durch hohe Dampfspannung zu vermindern.

b) Wasserradgebläse. [8]) Wegen des langsamen Umganges wird eine Umsetzung ins Geschwinde in der Weise bewirkt, dass ein Getriebe auf der Wasserradwelle eine Kurbelwelle in Umtrieb versetzt, welche mittelst einer Bläuelstange mit dem einen Ende des Wassergebl.

1) B. u. h. Ztg. 1856, S. 96; 1862, S. 209, 245; 1873, S. 134. 2) Preuss. Ztschr. 10, 148; 22, 269. B. u. h. Ztg. 1861, S. 341. v. Kerpely, Fortschr. 4, 63; 5, 84; 6, 80. 3) Polyt. Centr. 1872, S. 1115. 4) B. u. h. Ztg. 1871, S. 16. 5) Rev. univers. 12, 242. Preuss. Ztschr. 14, 314. 6) Rev. univ. 11, 13. 7) Schönfelder, Baul. Anlagen 1, 13. 8) v. Kerpely, Fortschr. 5, 80.

Balanciers verbunden ist, während an das andere die Kolbenstange greift (Oberharz [1]), Komorau [2])).

Dir. wirk. Gebläse.

2) Direct wirkende Gebläse. Die bewegende Kraft des über oder unter dem Gebläsecylinder stehenden Motors wird direct auf die Gebläsekolbenstange übertragen, wobei ein präciserer Gang, sowie Ersparung an Raum und Herstellungskosten den Balanciergebläsen gegenüber erzielt werden, während aber die einzelnen Theile schwerer zugängig sind und die Fundamentirung schwieriger ist. Die Geradführung der Kolbenstange geschieht meist durch Gleitstangen oder Rahmen, seltener durch ein Planetenrad.

Fig. 259.

Bessemergebläse, bei welchen zur Erzielung grosser Windmengen eine grosse Betriebskraft angewandt werden muss, können deshalb leichter eine Betriebsstörung veranlassen, weshalb man dieselben thunlichst einfach, wenn möglich ohne Uebersetzung, ohne Vorgelege, also durch directe Verbindung des Motors mit der Kolbenstange des Gebläses herstellt. In Schweden, wo man bei dem kieselarmen Roheisen mit relativ sehr viel Wind bei kurzer Chargendauer arbeitet, bedarf es einer Betriebskraft von 500—700, selbst bis 1000 Pferdestärken.

Dampfgebl.

a) Dampfgebläse, die am häufigsten mit Hochdruck und Condensation [3]), welche eine Ersparniss an Kohlen und Schonung der Kessel bewirkt, mit oder ohne Expansion bei 25—250 Pferdekräften arbeiten.

Am zweckmässigsten und für Reparaturen am bequemsten überträgt man nach Cockerill'scher Construction [4]) bei langsamem Gange (z. B. Seraing, Burbacher Hütte, Halberger Werk bei Brebach, Komorau, Lothringer Eisenwerke bei Ars sur Moselle, Wasseralfingen, Esch, Dommeldingen, Unterwellenborn, Pont à Mousson u. s. w.) — stehende schnelllaufende Maschinen hat man z. B. in Gelsenkirchen und Hörde — die Bewegung des Dampfkolbens durch eine gemeinschaftliche Kolbenstange direct auf den in einiger Entfernung über dem Dampfkolben liegenden Gebläsekolben, wobei die Schwungradwelle mit 2 Schwungrädern seltener über als unter dem Dampfcylinder liegt (Fig. 259). *a* Dampfcylinder, durch die Kolbenstange *b* mit dem Querhaupte (Traverse, Kreuzkopf) *c* verbunden, welches in Gleitschienen (Führungslinealen, Gradführungen) auf- und niedergehend mittelst der Kurbelstangen *d* mit den Kurbeln *k* der Schwungräder *e* verbunden ist, sowie auch die Kolbenstange *f* in dem auf Säulen *g* stehenden Gebläsecylinder *h* auf- und niederbewegt. *i* Verbindungsrahmen. Nach dem häufig angewandten Woolf'schen Principe [5]) lässt man die Kolbenstangen zweier neben einander

1) Kerl, Met. 1, 610. 2) B. n. h. Ztg. 1873, S. 38. 3) Preuss. Ztschr. 14, 320. v. Hauer in Leoben. Jahrb. 24, 54. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 20, 405 (Mühlheim). Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1877, No. 50 (Falvahütte). 4) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 12, 525. Leoben. *Jahrb. 21, Heft* 4 (Wien. Ausst.). 5) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1860, S. 210. v. Kerpely, *Fortschr. 5, 81.* B. u. h. Ztg. 1873, S. 398.

stehender Dampfcylinder in eine gemeinschaftliche Traverse eingreifen, von welcher dann die Kolbenstange für den Gebläsecylinder nach oben geht, wie in Fig. 259. Wegen gleichförmigeren Gesammtdruckes auf beide Dampfkolben kann das Schwungrad kleiner sein, als bei eincylindrigen Expansionsmaschinen (Cocquerill'sches System). Setzt man den Dampfcylinder direct auf den Gebläsecylinder (Schmidt'sches Schiebergebläse [1]), Gebläse zu Tees-side-Eisenwerken in Cleveland [2]) und den Govan-Eisenwerken [3])), so wird zwar der Bau billiger, aber die Liderung ist unbequem, indem man keine Stopfbüchse anbringen kann und an der Dampfkolbenstange sich herabziehendes Wasser darunter liegende Maschinentheile zum Rosten bringt. Statt Anwendung zweier Schwungräder kann an einem einarmigen, sogenannten Evans'schen Balancier [4]) die Kurbelstange nur eines Schwungrades eingreifen. In Cleveland hat man Gebläse mit zwei gleich hohen, aber ungleich weiten Cylindern, wobei die Kolbenoberflächen dem verschiedenen Dampfdrucke entsprechen.

Gebläse mit Kurbelumsetzung, bei denen die Anzahl der Gebläse- und Dampfcylinder nicht gleich ist, gewähren nur bei complicirter Einrichtung (Neilson's Gebläse) gewisse Vortheile (Raumersparniss, leichte Fundirung u. s. w.) [5]). Bei einer in den Vereinigten Staaten Nordamerikas beliebten compendiösen, nicht zu sehr nach der Höhe gehenden Einrichtung steht der Dampfcylinder zwischen zwei Gebläsecylindern parallel und die drei Kolbenstangen sind durch eine Traverse verbunden. [6]) Eine einfache Construction haben die billigen Decker'schen Gebläse. [7])

b) Wasserradgebläse. Kommen häufiger bei einfacher Wirkung (Schweden) als bei doppelter Wirkung der Raumersparniss wegen vor, und zwar ohne Transmission, indem die Kurbelwelle direct mit der Kolbenstange unter Einfügung von Gleitstücken verbunden ist [8]) oder zwei durch ein Querhaupt verbundene Bläuelstangen die Kolbenstange von oben bewegen (Steyermark, Oberschlesien, Theissholz, Pontgibaud u. s. w.). Mit Transmission ist unter Anderem ein dreicylindriges Gebläse zu Altenauer Hütte (Oberharz) versehen. [9]) Wasserradgebläse.

c) Turbinengebläse. Dieselben bedürfen einer Uebertragung ins Langsame, indem ein kleineres konisches Rad auf der Turbinenaxe in ein grösseres mit Kurbel eingreift und von dieser die Uebertragung der Bewegung durch eine Schubstange auf den Gebläsekolben nach oben geschieht (Bottino). [10]) Auch auf russischen Hütten [11]) und schwedischen Hütten [12]) finden sich neben Wasserrädern Turbinen. Turbinengebläse.

B. Liegende Cylindergebläse. [13]) Den angegebenen Vorzügen vor den stehenden Gebläsen (S. 324) gegenüber sucht man die Hauptschattenseite derselben, grössere Reibung und stärkere Abnutzung des Cylinders an der Unterseite, zu vermindern durch Führung einer dicken, hohlen Kolbenstange durch beide Cylinderdeckel, Unterstützung der Kolbenstangenenden durch Rollen oder Gleitschienen, Versehung des Kolbens mit schrägen Endflächen, gegen deren Horizontalprojection der Dampfdruck den Kolben hebend wirkt (Kirk's Gebläse) [14]), zweckmässiges Schmieren [15]), z. B. mit Petroleumdampf, u. s. w. Liegende Gebläse.

Während in England meist stehende Gebläse gebaut werden, so ist man in Rheinland-Westphalen, Osnabrück, Harzburg u. s. w. mit liegenden sehr zufrieden,

---

1) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1858, S. 179. B. u. h. Ztg. 1867, S. 205. 2) B. u. h. Ztg. 1867, S. 205, Taf. 7, Fig. 16. 3) Dingl. 216, 393. 4) v. Kerpely, Fortschr. 3, 67. 5) Sämmtliche Constructionen sind in v. Hauer's Hüttenwesens-Maschinen erläutert. 6) B. u. h. Ztg. 1871, S. 16. 7) Dingl. 212, 451. 8) Ann. d. min. 4. sér., 18, 397. 9) Kerl, Oberharz. Hüttenprocesse S. 351. 10) B. u. h. Ztg. 1868, S. 206. 11) v. Tunner, Russl. Montan-Industr. 1871, S. 99. 12) Kärnthn. Ztschr. 1878, S. 173. 13) B. u. h. Ztg. 1868, S. 252; 1869, S. 62, 279; 1870, S. 143, 356; 1872, S. 337. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 12, 526, 607; 14, 412. Oest. Jahrb. 10, 451. Rittinger's Erfahr. 1870. Polyt. Centr. 1871, S. 1511. 14) Dingl. 188, 117. 15) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 14, 783.

so lange sie nicht zu grosse Dimensionen besitzen (bei grossen Maschinen zu Laurahütte bog sich die Kolbenstange durch).

Fig. 260.

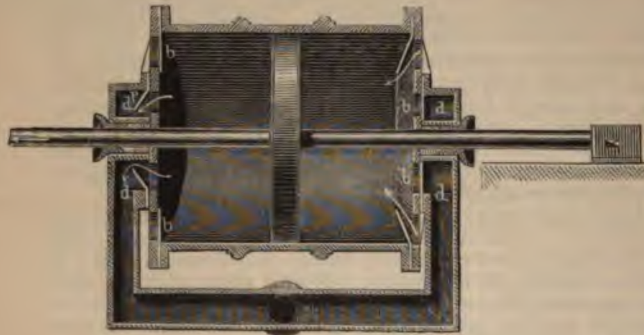


Fig. 261.



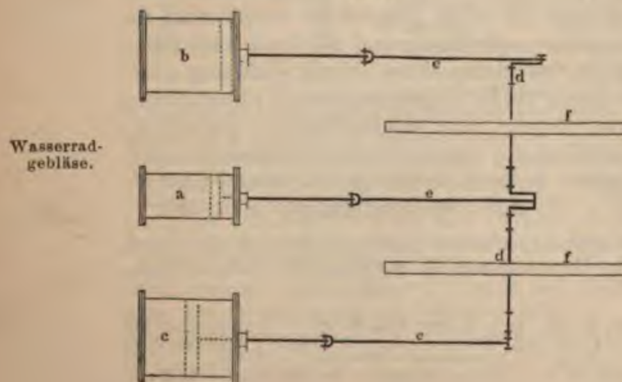
Die Anordnung der Ventile geschieht meist so, dass eine grössere Anzahl kleiner Klappen reihenweise übereinander und zwar die Saugöffnungen in der oberen und die mit Ventilkasten bedeckten Blaseöffnungen in der unteren Hälfte des Cylinderdeckels oder umgekehrt liegen oder erstere *a* (Fig. 260, 261) befinden sich im Kreise mehr nach der Peripherie, letztere mehr nach dem Centrum zu und in Communication mit dem Windkasten *d*. Ein mit seinem äusseren Rande zwischen Cylinderwand und Deckel eingeklemmter Kautschukkranz *b* dient als Ventil. Man hat auch Tellerventile (Laurahütte). [1])

Indir. wirk. Gebläse. Dampfgebläse.

1) Indirect wirkende Gebläse und zwar:

a) Dampfgebläse. Die Kraftübertragung findet durch eine Kurbelwelle dann statt, wenn ein Dampfcylinder mehrere Gebläsecylinder treiben soll.

Fig. 262.



Man legt die Cylinder einfacher hintereinander, als der Raumersparung in der Länge wegen, Dampfcylinder *a* und Gebläsecylinder *b* und *c* (Fig. 262) auf dieselbe Seite vor die Schwungradwelle *d*. *e* Schubstangen. *f* Schwungräder.

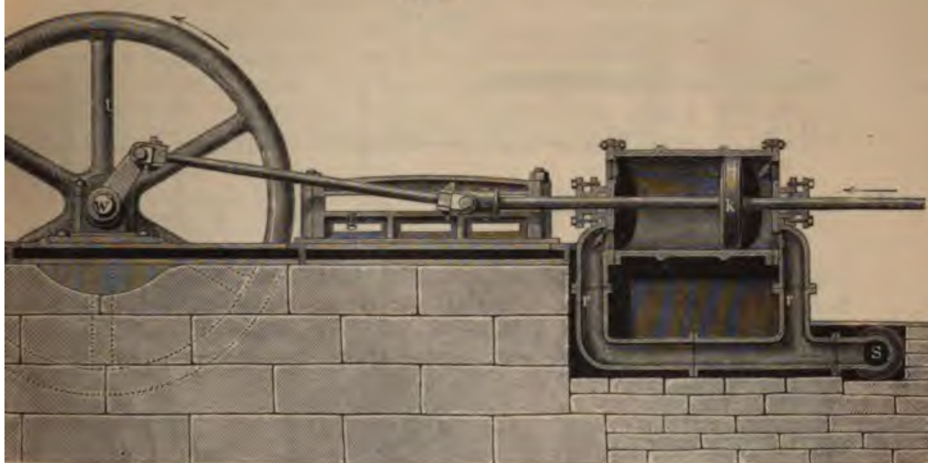
Wasserradgebläse.

b) Wasserradgebläse. Es kann die Kraftübertragung entweder mittelst Krummzapfens von dem mit Schwungrad *t* (Fig. 263) versehenen Motor *w* durch eine Schubstange auf den Kolben *k* geschehen (*g* Gleitschlitten, *r* Wind-

1) v. Kerpely, Fortschr. 7, 103.

kasten, *s* Windleitungsröhre) oder es findet eine Uebertragung ins Schnelle statt, indem ein auf der Welle des Wasserrades *c* befindliches

Fig. 263.



Stirnrad *a* (Fig. 264) in ein kleineres Getriebe *d* auf der Kurbelwelle *e* eingreift und die Bewegung mittelst Krummzapfens *f* durch die Schubstange *g* der Kolbenstange *h* und dem Kolben *i* im Cylinder *k* mitgetheilt wird (Clausthaler Hütte).[1])

Fig. 264.



Während bei Dampfmotoren, wo der Dampf- und Gebläsecylinder in einer geraden Linie liegen, in neuester Zeit die lothrecht gestellten Cylinder vielseitig vorgezogen werden, wendet man in Schweden bei Wassermotoren, wo die Uebertragung durch eine Kurbelstange vermittelt wird, lieber liegende Cylinder an, weil bei diesen der unvermeidliche Seitendruck der Kurbelstange direct von dem breitfussigen Fundamente aufgenommen wird, wogegen bei den stehenden Cylindern dieser auf die Gleitstange des Kreuzkopfes übertragen wird und dadurch hebelartig auf das kleinere Fundament wirkt. Die Abnutzung durch Reibung ist bei den liegenden Maschinen nicht so arg und kann durch äusserliche Führung der verlängerten Kolbenstange derselben entgegen getreten werden.

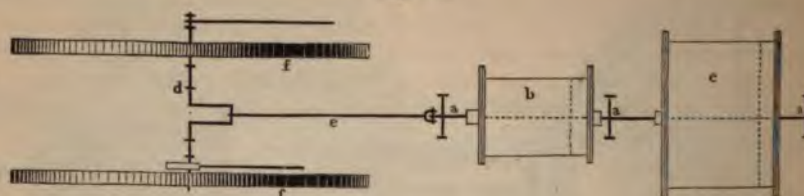
c) Turbinengebläse. Dieselben kommen vorwaltend in Schweden in Anwendung; die Turbinenwelle ist mit einer Kurbel versehen und die damit verbundene Kurbelstange steht mit dem Kreuzkopfe der Kolbenstange des Gebläsecylinders in Verbindung. Wie für Wasserräder empfehlen sich auch bei Turbinen liegende Gebläse aus angeführten Gründen (siehe oben). Turbinengebläse.

1) Kerl, Oberharz. Hüttenprocesse 1860, S. 354.

Dir. wirk. Gebläse.

2) **Direct wirkende Gebläse.** Bei Dampfkraft [1]) werden dieselben meist angewandt, indem man eine gemeinschaftliche Kolbenstange *a* (Fig. 265) für Dampf- *b* und Gebläsecylinder *c* hat und

Fig. 265.

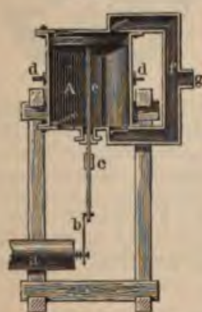


letzteren gewöhnlich vor ersteren und hinter den Dampfcylinder die Schwungradwelle *d* legt, wie z. B. zu Georg-Marienhütte [2]) (*e* Schubstange, *f* Schwungräder), seltener diese Welle zwischen beide Cylinder. (Sonst noch in Hayange, auf Ilseder Hütte, zu Rosenberg in Bayern, Bessemergebläse. [3]))

Vorzüge.

C. **Oscillirende oder schwingende Cylindergebläse** (**Wackler**). [4]) Dieselben gestatten eine directe Verbindung der Kurbel des Motors mit der Kolbenstange und es folgt dann der in der Mitte am Zapfen aufgehängte Cylinder der Bewegung der ersteren. Diese besonders für Wasserradbewegung und nicht zu grosse Kolbengeschwindigkeiten geeignete Construction zeichnet sich durch Einfachheit und Billigkeit der Anschaffung aus, erfordert wenig Raum, aber eine solide Fundirung. In Folge der Reibung der Kolbenstange in den Stopfbüchsen des Cylinders tritt um so rascher ein Undichtwerden ein, je näher der Schwingungspunkt des Cylinders nach der Welle zu liegt, weil alsdann die Ablenkung der Kolbenstange bedeutender wird und die Last des gehobenen Cylinders jedesmal auf die eine Seite der Stopfbüchse zurückfällt. Durch diesen Uebelstand kann der Vortheil einer Kraftersparung durch Umgehung der Bläuelstange bei oscillirenden Gebläsen aufgehoben werden (Gebläse zu Dembiohammer in O.-Schlesien). Man hat **stehende** und **liegende Gebläse** dieser Art.

Fig. 266.



Bei einer Dampfmaschine als Motor lässt man auch wohl den Dampfcylinder oscilliren und sämmtliche Kolbenstangen direct an dieselbe Kurbelwelle greifen.

Beispiele.

Wasserradgebläse (Fig. 266). *a* Wasserradwelle. *b* Kurbel. *c* Kolbenstange. *d* Zapfen des schwingenden Cylinders *A*. *e* an einem Bügel befindliche, mit Lagerschalen versehene Hülse zur Verminderung des Ausreibens der Stopfbüchse. *f* Windkasten mit Windleitungsrohr *g*, letzteres mit der festen Windleitung durch einen Lederschlauch verbunden, welcher beim Oscilliren des Cylinders und Windkastens eine gewisse Drehung gestattet.

1) Rittinger's Erfahr. 1870 (Pribramer Gebläse). 2) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 17, 30. 3) Polyt. Centr. 1863, S. 705. v. Hauer, c. l., S. 130. 4) Kerl, Met. 1, 591. B. u. h. Ztg. 1859, S. 69. v. Hauer, c. l., S. 203.

Zu Bieber[1]) im Spessart wird ein oscillirendes Gebläse von einer Turbine it etwa 9.414 m hoch Aufschlagewasser betrieben.

II. Kastengebläse.[2]) Holzkästen von quadratischem Querchnitte mit Ein- und Auslassventilen und gelidertem Kolben, seltener oppelt- als einfachwirkend und weit häufiger stehend, als liegend; a mit Vortheil anwendbar, wo gusseiserne Cylinder nur mit grossen osten zu beziehen sind und Ueberfluss an Holz und Betriebswasser orhanden. Sie verursachen häufige Reparaturen, geben Pressungen icht über 52 mm Quecksilber und der Windverlust kann an 50 Proc. etragen. Einrichtung.

Einfach wirkendes Gebläse (Fig. 267. 268). *a* Kasten aus 50—80 mm arken zwei Lagen kreuzweise über einander gelegter Bohlen, 0.94—2.19 m lang. Kolben mit Kolbenange *c* und Saugvenlen *d*, welche aber auch ls Tellerventile im eckelkasten angebracht ein können. *f* Druckvenle. *e* Windleitungsröhre. er Kolben besitzt entweder eine Leistenlideung, auf dem Kolben efestigte eingeschnittene nd durch Federn gegen ie glatten, mit einem emisch von Graphit und eim überstrichenen Inenwände gepresste Leiten, oder eine Ledertulpliderung, ein ings um den Kolben aufender, mit Leder überogener Rosshaarwulst, elcher durch Schrauben egen die Kastenwände gepresst wird. Fast immer von einem Wasserrade getrieben, rhält der Kolben seine Bewegung durch excentrische Scheiben (Wellfüsse) oder in halbverzahntes Rad, seltener durch Kurbeln. Kolbengeschwindigkeit höchstens 57—471.95 mm pro Min. Länge des Kolbenhubes gleich $^1/_2$—$^2/_3$ der Seitenlänge es Kastens. Beispiel.



Fig. 267.



Fig. 268.

Die Kastengebläse waren früher häufig auf Metallhütten, auch wohl bei Holzohlenhohöfen (Altenauer Hütte) in Anwendung, in Steyermark[3]) bei Frischeuern.

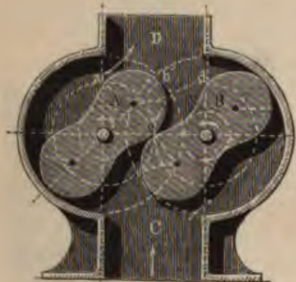
III. Rotirende Kolbengebläse (Kapselgebläse, Blowers). Iach dem Principe der Kapselräder[4]) (von Reuleaux so genannt, nglisch Blowers) bestehen dieselben aus zwei in einer Kapsel einschlossenen in einander greifenden Flügelrädern (rotirenden Kolben), elche dabei die angesaugte Luft vor sich herschieben und im Gegenatze zu den Centrifugalventilatoren bei langsamerem Gange (200—300 ouren pro Min.) eine durchschnittlich höhere Windpressung (420 bis 00 mm Wasser), unabhängig von der Umgangszahl, bei constantem Vindstrome geben. Dieses Gebläse hat den Kolbengebläsen gegenüber Zweiaxig. Gebl.

1) Berggeist 1871, S. 471. 2) Weisbach, Ing. u. Masch.-Mech. 3, 1003. v. Hauer, c. l., . 204. Kerl, Met. 1, 583. 3) v. Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung 1858, Bd. 1, S. 201.) B. u. h. Ztg. 1869, S. 120. Baker's Gebl. in Grothe's polyt. Ztschr. 1878, S. 102. v. Hauer, . l., S. 208. Ledebur, Verarbeitung d. Metalle auf mechan. Wege 1877, S. 76.

keine abnutzbaren Ventile und keinen schädlichen Raum und giebt deshalb einen hohen Windeffect und Wirkungsgrad (45 Proc.) bei einem nur einigermassen guten Anschlusse der Flügel an einander und an das Gehäuse; im Vergleiche mit Centrifugalventilatoren ist dasselbe haltbarer und leichter zu behandeln. Mit der Pressung und bei grossen Dimensionen zur Beschaffung bedeutenderer Luftmengen steigt aber die Schwierigkeit, einen dichten Schluss herzustellen und zu erhalten und es tritt ein Effectverlust durch Rückströmung der Luft ein. Die Anschaffungs- und Herstellungskosten betragen etwa $^1/_6$ von den eines gleiche Windmenge liefernden Cylindergebläses.

Beispiel. Auf Hüttenwerken, namentlich für Cupoloöfen, hat hauptsächlich der Roots-sche Blower[1]) (Fig. 269) Eingang gefunden. *A* und *B* Flügelräder, von 2 m Breite und 0.9 m Durchmesser, bei deren Umdrehung je eins der Scheitelprofile derselben an der Gehäusewand dicht abschliesst und das entgegengesetzte *a b c* des einen mit dem Mittelprofile des andern in Berührung ist, so dass stets ein dichter Verschluss zwischen den Flügeln und an den Kropfwänden stattfindet. *C* Einströmungsöffnung. *D* Ausströmungsöffnung. Der Roots'sche Ventilator zu Neuberg liefert für einen Cupoloofen mit 4 Düsen von 66 mm Durchmesser und 30.5—32.7 mm Quecksilberpressung 55.6 cbm kalten Wind pro Min. In England ist dieses Gebläse sehr verbreitet und findet sich auch auf dem neuen Stahlwerke in Osnabrück, der Bochumer Gussstahlhütte, in Nordamerika u. A.

Fig. 269.



Einaxig. rotirendes Kolbengebläse. Diese zweiaxige Maschine erfordert eine sehr genaue Ausführung. Das von W. Wedding in einfacherer Weise construirte einaxige rotirende Kolbengebläse[2]) liefert bei 120 Touren pro Min. hinreichenden Wind für einen Cupoloofen, bei 400 Touren einen Windstrom von fast 941 mm Wassersäule.

Ellis Gebläse[3]) erzeugt hohe Pressung und einen gleichförmigen Luftstrom bei Anwendung von zwei in einander greifenden rotirenden Kämmen und nur einer Welle, deren Mittel excentrisch zum Mittel der Aussentrommel liegt, wornach das Gebläse eine Verbesserung des Mackenzie'schen[4]) ist. In Baker's Blower[5]) fassen zwei Windflügel eines auf der Hauptwelle sitzenden gusseisernen Cylinders beim Umgange in Furchen zweier unter dem Cylinder liegender Trommeln.

95. Balggebläse[6]) und zwar:

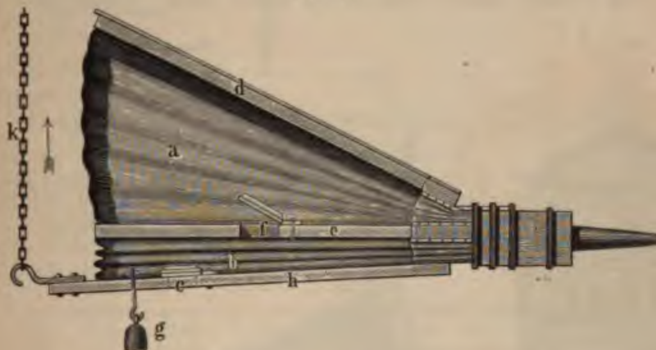
Construction. 1) Lederbälge.[7]) Ursprünglich nur Thierhäute[8]), bestehen die Lederbälge zur Zeit meist aus zwei seitlich durch in Falten gelegtes Leder mit einander verbundenen Holztafeln von trapezförmigem (lederne Spitzbälge), quadratischem oder kreisrundem Querschnitte (Cylinderbälge), welche gegen einander bewegt werden. Um den stossweisen Windstrom in einen continuirlichen zu verwandeln, combinirt man die Bälge häufig mit einem Regulator (Reservoir), lässt auch wohl zwei Bälge abwechselnd in einen gemeinschaftlichen Regu-

1) B. u. h. Ztg. 1869, S. 121; 1871, S. 10, 279. Dürre, Giessereibetrieb 1, 632. Dingl. 187, 301. Rittinger's Ausstellungsber. 1867, S. 31. Berggeist 1871, S. 290. Polyt. Centr. 1871, S. 680. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 15, 480; 16, 733. Engin. and Mining Journ., New-York 1876, Vol. 22, No. 17, p. 268. Dürre, Giessereibetrieb 1, 633. 3) Dingl. 226, 133. 4) Dingl. 215, 100. 5) B. u. h. Ztg. 1878, S. 180. 6) v. Hauer, c. l., S. 213. 7) Kerl Met. 1, 572. 8) B. u. h. Ztg. 1862, S. 117.

lator blasen (Doppelbälge, Kuckucksgebläse). Die Cylinderbälge nehmen einen geringern Raum ein und haben einen geringern schädlichen Raum als die Spitzbälge, bedürfen aber auch sorgfältigen Schutzes des Leders gegen Nässe und Hitze, wenn die Reparaturkosten nicht sehr bedeutend werden sollen. Solche Gebläse finden hauptsächlich bei Schmiedefeuern und Eisenhammerwerken, seltener beim Metallhüttenbetriebe oder bei der Roheisenumschmelzung (Ilsenburg) Anwendung. Der Windeffect beträgt etwa 0.4.

Einfacher lederner Spitzbalg mit Reservoir (Fig. 270). *a* Reservoir bestehend aus festem Boden *e* und beweglichem, mit Gewichten beschwertem Deckel *d*. **Beispiele. Einfacher Spitzbalg.**

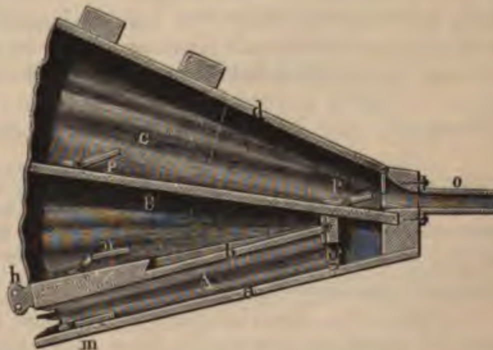
Fig. 270.



b durch *k* aufgezogener und durch das Gewicht *g* wieder niedergezogener Balg mit Einlassventil *c* im Boden *h* und Auslassventil *f* im Deckel *e*. Aus *a* entweicht die gespannte Luft durch die Düse im Balgkopf.

Doppelter Spitzbalg mit Reservoir (Fig. 271). Zwischen zwei festen Böden *a* und *B* wird die bei *g* sich charnierartig drehende Scheidewand *b* durch eine bei *h* wirkende Kraft auf- und abbewegt. *m* und *n* Einlassventile. *p* Auslassventile. *C* Reservoir. *o* Düse. Beim Aufgange des Scheiders *b* tritt atmosphärische Luft durch *m* in *A*, aus *B* wird die Luft durchs Ventil *p* nach *C* gepresst und tritt bei *o* aus; beim Niedergange von *b* wird die Luft in *A* durch *g* und *p* nach *C* getrieben und in *B* tritt durch die nach Aussen mündende Ventilöffnung *n* atmosphärische Luft. **Doppelter Spitzbalg.**

Fig. 271.



Legt man zwei abwechselnd zu bewegende Bälge unter ein grösseres Reservoir, so entsteht, wie bemerkt, ein Kuckucksgebläse (früherer Kupferhammer zu Oker mit Wasserbetrieb, Cupoloofen zu Ilsenburg mit Dampf betrieben).

Einfach wirkender Cylinderbalg (Fig. 272). *a* fester Holzboden mit dem Druckventile und der Windleitung *b* in der darüber befindlichen niedrigen cylindrischen Holzwand *c*. *d* beweglicher Boden des Lederbalges mit Saugventilen, **Einfach wirkender Cylinderbalg.**

welcher beim Aufziehen durch die Zugstangen *e* die comprimirte Luft ins Reservoir *f* treibt, dessen Deckel *g* mit Gewichten beschwert ist. *h* und *i* zur Geradführung.

Einen sehr compendiösen doppelt wirkenden Cylinderbalg, allerdings mit bedeutendem schädlichen Raume, hat Enfer [1]) für Schmiedefeuer construirt.

Construction.

2) Hölzerne oder Spitzbälge. [2]) Zwei vorn spitz zulaufende, am schmalen Ende charnierartig verbundene und mit den abgelidertem Seitenwänden sich über einander bewegende Kästen, von denen entweder nur der Oberkasten (gewöhnliche Spitzbälge) oder nur der Unterkasten (Schämelbälge, Widholmsgebläse) beweglich ist.

Werth der Gebläse.

Derartige Gebläse sind zwar leicht herzustellen, zu bewarten und zu repariren, erfordern aber eine grosse bewegende Kraft, haben einen grossen schädlichen Raum und geben keine hohe Windpressung, wohl

Fig. 272.



Fig. 273.



aber bedeutenden Windverlust. [3]) Wenig billiger und hinsichtlich ihrer Leistungen hinter den Lederbälgen zurückstehend, sind sie auch nicht viel wohlfeiler als Kastengebläse, ohne deren Effect zu erreichen. Früher in wasserreichen Gegenden auf Metallhütten, in Hammerwerken u. s. w. häufig angewandt, sind sie immer mehr durch Cylindergebläse (Oberharz) oder Ventilatoren ersetzt worden.

Beispiele.

Spitzbalg mit beweglichem Oberkasten (Fig. 273). *a* beweglicher Oberkasten (Mantel), am Balgenkopfe *e* durch ein Charnier *f* mit dem Unterkasten *b* verbunden. *c* Saugventil. *d* Düse, vor welcher nach Innen zu ein sich gegen dieselbe öffnendes Klappenventil zur Verhinderung des Einziehens von heissen Ofengasen vorhanden sein kann. Die Bewegung des innen mit einem Gemische von Graphit und Leimwasser ausgestrichenen Mantels kann auf verschiedene Weise bei *g* bewirkt werden. Der Rand des festen Unterkastens enthält eine Leistenliderung (S. 331).

Schämelbalg.

Spitzbälge mit beweglichem Unterkasten. Bei den Schämelbälgen fällt der gehobene Unterkasten durch sein eigenes Gewicht auf eine elastische Unterlage zurück, wobei keine so grosse nutzlose Ueberlast zu bewegen ist, als bei den vorigen Bälgen. Zur Verminderung des grossen schädlichen Raumes hat

1) Polyt. Centr. 1857, S. 231; 1866, S. 728. Dingl. 180, 427. B. u. h. Ztg. 1861, S. 93.
2) Kerl, Met. 1, 578. 3) Windberechnung in Scheerer's Met. 1, 468. Kerl, Oberharzer Hüttenproc. 1860, S. 349.

Widholm[1]) statt des beweglichen Unterkastens einen sich bewegenden Holzboden angewandt (Fig. 274). *a* Holzboden mit dem Balgkopfe bei *c* charnierartig verbunden, mit Saugventil *g* und durch *h* auf- und niederbewegt. *d* Blaseventil. *e* Windcanal. *f* Windleitungsrohr. Widholm-gebläse.

Fig. 274.



96. Hydraulische Gebläse. [2]) Dieselben haben zur Ansammlung der comprimirten Luft entweder einen unveränderlichen Windkasten (Wassertrommel-, Paternoster-, Wassersäulengebläse) oder einen veränderlichen (Glocken-, Tonnen-, Schneckengebläse, Cagniardellen). Wirkungsweise.

v. Hauer classificirt die hydraulischen Gebläse in:

a) Gebläse mit Wasserliderung, bei denen die Luft durch einen festen Maschinentheil (Kolben) verdichtet und direct fortgeschoben wird, während der Raum, in welchem die Verdichtung stattfindet, durch Wasser gegen Aussen abgeschlossen wird, welcher letztere Umstand höhere Pressungen nicht gestattet (Baader'sches Glockengebläse, Wassertonnengebläse, Schöpfradgebläse, Cagniardelle).

b) Wasserstrahlgebläse, bei welchen Wasser mit so grosser Geschwindigkeit durch eine Röhre strömt, dass die Spannung in der letzteren unter die atmosphärische sinkt und in Folge dessen durch seitliche Oeffnungen in der Röhre Luft einströmt, welche vom Wasser mitgerissen und schliesslich durch Abgabe der lebendigen Kraft des Wassers verdichtet wird (Wassertrommelgebläse). Aehnlich wirken die Dampfstrahlgebläse.

c) Wassergebläse, bei denen die Verdichtung und Fortschiebung der Luft durch unmittelbare Wirkung des unter entsprechender Druckhöhe zuströmenden Wassers erfolgt (Paternoster-, Wassersäulen-, Wasserstopfengebläse).

Die Luft solcher Gebläse ist bei niedrigen Spannungen feucht, was auf den Brennmaterialverbrauch ungünstig einwirken kann, bei höherer Spannung aber geringer als in atmosphärischer Luft. Eisbildung wirkt störend.

Die am häufigsten angewandten Gebläse sind folgende:

A. Gebläse mit unveränderlichem Windkasten.

1) Wassertrommelgebläse[3]) (Fig. 275). Dasselbe beruht darauf, dass durch eine 3—8 m hohe und 157—262 mm weite Röhre mit 52—78 mm weiten Schlucklöchern mit einer gewissen Geschwindigkeit einfallendes Wasser Luft mit fortreisst und diese dann beim gewaltsamen Aufschlagen auf eine Unterlage entlässt und zwar sauerstoffreicher als gewöhnliche atmosphärische Luft. Construction.

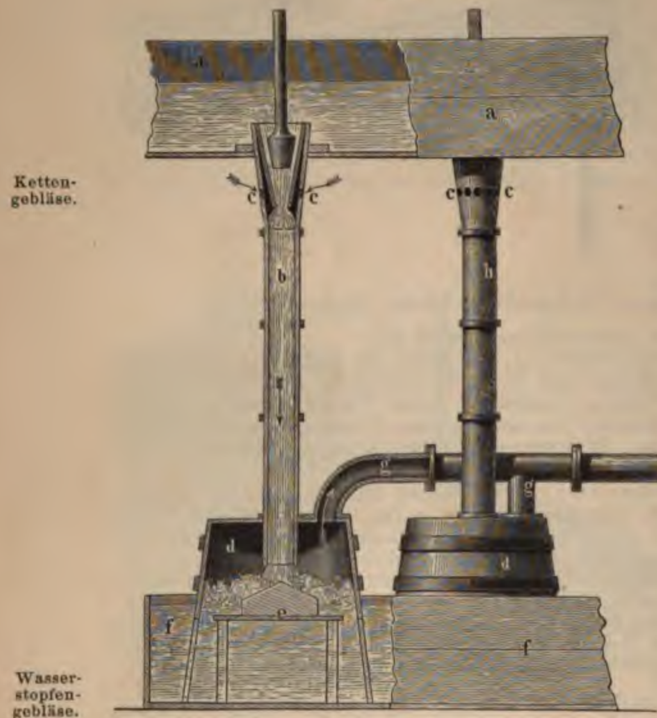
a Wassergerinne (Fig. 275) zur Speisung der mit Schlucklöchern *c* versehenen Einfallröhre *b*. *e* Brechbank zur Zertheilung des Wassers, welches aus *f* abfliesst, Beispiel.

1) Karsten, Met. 3, 191. Hausmann's Reise nach Skandinavien 4, 169. 2) v. Hauer, c. l., S. 218. Gruner-Kupelwieser, c. l., S. 334. 3) Kerl, Met. 1, 617. v. Hauer, c. l., S. 223.

während die in der Trommel d angesammelte comprimirte Luft durch g abgeführt wird.

Derartige höchst einfache und billige Gebläse sind trotz ihres geringen Wirkungsgrades von 5—6 Proc. in Gebirgsgegenden, wo Wasserüberfluss bei hinreichend hohem Gefälle zur Disposition steht, in Anwendung zum Betrieb von Schmieden, Hammerwerken, calatonischen Feuern (Lombardei, Siebenbürgen, Spanien), selbst zum Hohofenbetrieb (Lauffen am Rhein, Mexicanische Bleiöfen).[1])

Fig. 275.



Kettengebläse.

2) Henschel's Ketten- oder Paternostergebläse.[2]) Ein verbessertes Wassertrommelgebläse, welches zwar höhere Pressungen als dasselbe giebt, aber kostspieliger in der Herstellung und namentlich in der Reparatur ist. (Früher auf Silbernaaler Hütte bei Clausthal in Anwendung.)

Wasserstopfengebläse.

3) Henschel's Wassersäulengebläse[3]), sowie Althans' Wasserstopfengebläse[4]) haben keinen dauernden Eingang gefunden.

B. Gebläse mit veränderlichem Windkasten.

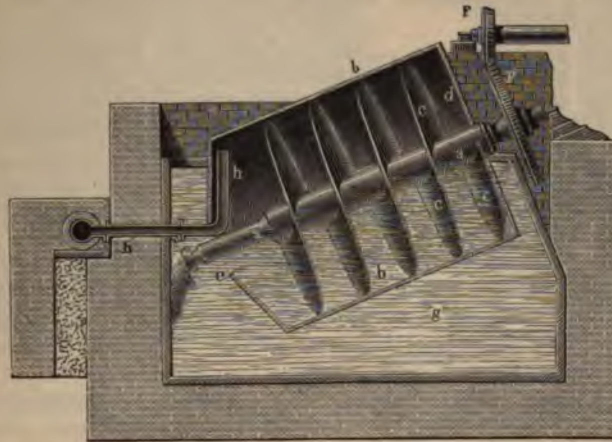
Construction.

1) Cagniardelle, Schrauben-, Spiral-, Waldhorngebläse[5]) (Fig. 276). a hohle gusseiserne, in einem hölzernen oder gemauerten und mit Cement überzogenen Wasserbassin g, etwa 20° geneigt liegende Welle mit gewöhnlich 4 blechernen Schraubengewinden c und einem Blechmantel b. Wird die Welle mittelst Getriebes F zum Rotiren gebracht, so nimmt die über der Wasseroberfläche befindliche Mündung des Schraubenganges Luft auf, welche durch die spiralförmigen Gänge in den unteren Raum des Cylinders geführt wird und von hier durch die Knieröhre h im comprimirten Zustande entweicht. Durch die Oeffnung e im konischen Boden des Cylinders wird die Circulation des Wassers im Cylinder und Bassin bewerkstelligt.

1) B. u. h. Ztg. 1872, S. 133. 2) Kerl, Met. 1, 619. v. Hauer, c. l., S. 228. 3) Kerl, Met. 1, 620. v. Hauer, c. l., S. 229. 4) Civilingenieur 7, 474. v. Hauer, c. l., S. 228. Polyt. Centr. 1862, S. 113. 5) Kerl, Met. 1, 621. v. Hauer, c. l., S. 221. B. u. h. Ztg. 1864, S. 25, 264; 1869, S. 433.

Trotz grosser Vorzüge dieses Gebläses (geringer Raum, einfache Bewegung, Entbehrlichkeit von Ventilen und Liderung, kein schädlicher Raum und kein Windverlust, höchst geringe Reibung der theilweise in Wasser tauchenden Zapfen, continuirlicher Windstrom von fast constanter Pressung, geringe Betriebskraft, so dass man die Cagniardelle bei Vergleichung mit anderen Gebläsen hinsichtlich des Wind- Vortheile u. Nachtheile.

Fig. 276.



und Krafteffectes als Einheit annimmt), hat dasselbe die Nachtheile einer schwierigen Construction, der Zerstörbarkeit des Bleches durch sich säuerndes Wasser im Bassin, der Entstehung von feuchtem Wind mit nicht hoher Pressung, bei grossen Dimensionen mindere Stabilität und Haltbarkeit, sowie grössere Unterhaltungskosten, viel Zeit und hohe Kosten zur Herstellung und Schwierigkeit, grosse Wasserbassins in der uumittelbaren Nähe der Oefen und Maschinen dicht zu erhalten. Man ist aus diesen Gründen neuerdings mehrfach von den Cagniardellen zu Cylindergebläsen übergegangen (Freiberg, Unterharz, Mansfeld), trotzdem wesentliche Fortschritte in ihrer Construction gemacht worden sind.

2) Veraltet oder nur zeitweilig in Ausführung gekommen sind folgende Gebläse: Glockengebläse[1]) (nach Art des Harzer Wettersatzes eingerichtet); Tonnengebläse[2]) (oscillirende, theilweise mit Wasser gefüllte Tonne, mit etwas ins Wasser von oben herab eintauchender verticaler Scheidewand, wo sich dann beim Neigen der Tonne die Luft in der einen Abtheilung verdichtet, in der andern verdünnt); Schraubenventilator[3]) (die durch Flügel oder einen Schraubengang comprimirte Luft wird parallel zur im Wasser horizontal liegenden Axe fortgeschoben); Schöpfrad- oder Schneckengebläse[4]) u. A. Sonstige. Gebläse.

1) Kerl, Met. 1, 621. v. Hauer, c. l., S. 218. 2) Kerl, Met. 1, 621. v. Hauer, c. l., S. 219. 3) v. Hauer, c. l., S. 230. 4) Kerl, Met. 1, 623. v. Hauer, c. l., S. 220. B. u. h. Ztg. 1866, S. 204.

97. Centrifugalventilatoren. [1]) Dieselben können bestehen:

Luftausströmung an der Peripherie.

1) aus einem in einem Gehäuse mit centraler Lufteinströmungsöffnung enthaltenen Rade mit Blechflügeln, welche beim schnellen Rotiren die zwischen ihnen befindliche Luft gegen den äussern Umfang treiben. Diese wird von hier abgeleitet, während in den in der Nähe der Axe entstandenen luftverdünnten Raum durch die centrale Oeffnung des Gehäuses atmosphärische Luft eintritt. Die Construction solcher Gebläse kann variiren je nach der Form und Anzahl der Flügel und der Form des Gehäuses, welches letztere meist fest, selten beweglich ist. [2])

Nach den Untersuchungen von W. Wedding hat, abweichend von den gewöhnlichen Ansichten, die Anzahl und Gestalt der Flügel keinen Einfluss auf den Effect der Ventilatoren, dagegen wirken Durchmesser derselben und Geschwindigkeit auf die Pressung, die Flügelbreite bis zu einer gewissen Grenze auf die Windmenge.

Verschiedene Constructionen.

In Betreff der Flügelform kommen vor:

a) Gerade Flügelflächen, und zwar

Gerade Schaufeln.

α) Bei radialer Stellung, welche wegen ihres kräftigen Anschlagens gegen die durch die centrale Gehäuseöffnung eintretende Luft mehr Kraftaufwand erfordern und stark brummen, und zwar alles Dieses um so mehr, wenn das Schaufelrad, wie bei vielen älteren Constructionen [3]), hart an das Gehäuse gerückt ist, weit weniger, wenn sich verhältnissmässig kleine Flügelflächen in einem weiten Gehäuse bewegen (Nasmyth's Ventilator [4])). Von empfehlenswerther Construction sind die geräuschlos gehenden geradflächigen Ventilatoren von W. Wedding [5]) und Schiele. [6])

Beispiel.

(Fig. 277. 278.) Schiele'scher Ventilator. *a* sieben Blechschaufeln. *b* concentrisches inneres Gehäuse. *c* excentrisch sich aufwickelndes äusseres Gehäuse, beide an der der Eintrittsöffnung *d* gegenüber liegenden Seite mittelst eines um die ganze Peripherie des Gehäuses sich herumziehenden Schlitzes *e* verbunden. *f* Windaustrittsröhre. *g* einseitige Lagerung. Diese Ventilatoren haben bis zu 1.098 m Durchmesser.

Man hat auch Doppelventilatoren, welche entweder in ein gemeinschaftliches Rohr ausblasen [7]) oder von denen der eine die comprimirte Luft aus dem anderen aufnimmt und die Pressung verstärkt (Perrigault's Doppelventilator [8])).

β) Bei schräger Stellung, welche gute Constructionen zulässt, wenn das Schaufelrad den Innenwänden des Gehäuses nicht zu nahe kommt.

Gekrümmte Schaufeln.

b) Gekrümmte Schaufeln bei neueren, obige Uebelstände der geraden Schaufeln beseitigenden Constructionen der verschiedensten Art, welche sich unter nachstehende beide Systeme bringen lassen:

α) Gleichmässige Breite der an die Seiten des Gehäuses möglichst dicht anschliessenden Flügel, während die Peripherie ein excentrisches Intervall zwischen Rad und Gehäusewand zeigt. Diese bei schwerem Gange eine hohe Pressung gebende Construction liegt

---

1) Civilingenieur 1862, S. 255; 1863, S. 33. Polyt. Centr. 1862, S. 1548. Kerl, Met. 1, 623. v. Hauer, c. l., S. 231. Wiebe, Maschinenbaumaterialien. Dürre, Giessereibetrieb 1, 577. Fink, Theorie u. Construction der Brunnenanlagen u. s. w. Berlin 1878, S. 275. Geräuschlos gehende Ventilatoren in Zeichnungen der Hütte 1864, Taf. 26. Arbesser in Leoben. Jahrb. 25, 137. 2) Civilingenieur 1863, S. 33. 3) Dürre, Giessereibetr. 1, 617. 4) Ebend. 1, 615. 5) Dingl. 187, 75. 6) Dürre, c. l., S. 627. 7) Dürre, c. l., S. 615. 8) Dingl. 179, 266.

Rittinger's Ventilatoren[1]) zu Grunde, so auch dessen Hochdruckventilator[2]), welcher sonst noch charakterisirt ist durch

Fig. 277.



Fig. 278.



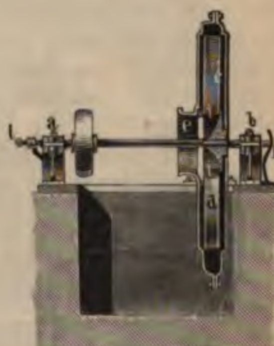
kleine Saugöffnungen, sehr geringe Breite, eigenthümlich gekrümmte Schaufeln und ein pyramidales oder konisch sich erweiterndes Windabführungsrohr.

Hochdruckventilator (Fig. 279. 280). *a b* Lagerständer für die Axe des aus zwei Blechscheiben *c* und *d* bestehenden Flügelrades, deren erstere auf einer Beispiel.

Fig. 279.



Fig. 280.

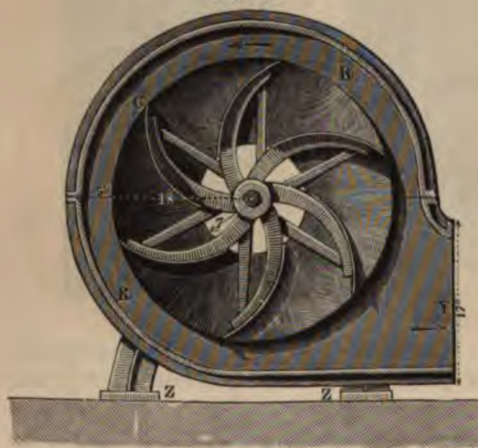


Nabe von der Form eines sphärischen Kegels befestigt, die letztere aber in der Weite der Einströmungsöffnung *e* durchbrochen ist. 24 blecherne Flügel zwischen den Scheiben sind so gekrümmt, dass ihr erstes Krümmungselement an der Einströmungsöffnung mit dem Radius einen Winkel von 60° 50′ bildet, gegen den Rand

1) Rittinger, die Centrifugalventilatoren 1858. 2) Ebend. v. Tunner, Stabeisen- u. Stahlbereitung 1858, Bd. 1, S. 191.

des Ventilatorrades aber der an der Lufteinströmungsseite zugeschärfte Flügel radial ausläuft. Der Mantel ist gegen die Ausströmungsöffnung *g* hin nach einer archimedischen Spirale aufgerollt und der Wind tritt durch das erweiterte Rohr *g* mit rechteckigem Querschnitt in die Windleitungsröhre *h*. Das Flügelrad ist gegen das Ventilatorgehäuse durch einen an die Blechscheibe *d* festgenieteten schmiedeeisernen Ring *i* abgeschlossen, welcher mit seiner äusseren, vertical auf die Axe des Ventilators abgedrehten Fläche längs einer entsprechenden genau adjustirten Gehäusefläche ohne Reibung vorbeiläuft, indem zwischen beiden nur ein kleiner Spielraum bleibt. Durch die Feder *k* und die derselben entgegen gestellte Druckscheibe *l* wird die genaue Adjustirung des Abschlusses ermöglicht. Man erhält Pressungen von 34.9—41.4 mm Quecksilber.

Fig. 281.



β) Die zwischen zwei linsenförmig an einander geschraubte Schilde geschlossenen Schaufelblätter entlassen den Wind durch einen schmalen Schlitz in das weite Gehäuse. Die Schaufeln haben ungleiche Breite.

Beispiel. Hierher gehört neben anderen neueren amerikanischen Constructionen der Ventilator von Lloyd [1]) (Fig. 281. 282). *R* Gehäuse, auf den Füssen *Z* ruhend. *S* Lager zur Aufnahme der Flügelaxe mit der Riemenscheibe *T*. *U* Flügel, seitlich mit aufgebogenem Rande *V* aus Eisenblech, welcher die Reaction der durch die centralen Gehäuseöffnungen eintretenden Luft auf die Flügel verhütet, in Folge dessen diese Gebläse ohne Geräusch arbeiten. Behuf bestmöglichen Anschlusses befinden sich an den Flügeln abgedrehte messingene Ringe *X*, welche sich in geringem Abstande von gusseisernen Ringen am Gehäuse bewegen. Letztere bilden Eintrittsöffnungen für die atmosphärische Luft und es kann bei der angegebenen Einrichtung keine Luft ins Gehäuse treten, ohne das Flügelrad passirt zu haben. Die Dichtung der Eintrittsöffnung kann auch durch einen Filzstreifen geschehen. *Y* Luftausströmungsöffnung. Der Ventilator macht 1200 bis 2000 Touren pro Min. und giebt Pressungen von 314 bis 392, selbst 628 mm Wassersäule. Die Lloyd-schen Ventilatoren werden neben den Nasmyth'schen sehr häufig in Giessereien angewandt.

Fig. 282.



Luftausströmung in der Mitte. 2) Ventilatoren mit Directionsschaufeln, bei welchen die Luft in der Mitte, der Eintrittsöffnung gegenüber ausströmt.

1) Wiebe, c. l., Taf. 4, Fig. 5. Civilingenieur 1863, S. 31.

Beispiel.

Hierher gehört der von allen übrigen Constructionen hinsichtlich seiner Leistung und seines Baues sich unterscheidende Schwarzkopf'sche Ventilator [1]) Fig. 283—285). *a* Flügelradwelle, mittelst nach der Antifrictionscurve construirter Zapfen in Lagern laufend, von denen das eine unmittelbar am Ventilatorgerüste befestigt, das andere in der Mitte des Gehäuses bei *b* angeordnet ist. *c* Flügelrad in Gestalt einer konisch geformten Scheibe von Gusseisen, an welcher radiale, nur ganz vorn etwas gekrümmte Flügel *d* angegossen sind. *e* Eintrittsöffnung für die Luft, welche von den Flügeln ergriffen und nach der äusseren Peripherie geschleudert wird, von hier aber über den Rand der Flügelradscheibe in die zweite Hälfte

Fig. 283.



Fig. 284.



des Gehäuses gelangt und von Directionsschaufeln *f* nach der Mitte hin zur Austrittsöffnung *g* geführt wird. Bei 1440—2880 Touren pro Min. erhält man Pressungen von 183—549 mm Wasser.

Werth der Ventilatoren.

Die Ventilatoren, von denen im Vorhergehenden nur die in Deutschland am häufigsten angewandten erwähnt sind, nehmen wenig Raum ein, erfordern im Vergleich zu Cylindergebläsen geringere Anlage- und Unterhaltungskosten, geben bei etwa nur 30 Proc. Wirkungsgrad grosse Mengen Wind, aber von geringerer Spannung, meist 400, höchstens bis 785 mm Wasser, und werden durch Wasserräder, Dampf und Handarbeit, am zweckmässigten durch eine Turbine getrieben. Man verwendet Ventilatoren häufig für Herdöfen und Cupoloöfen [2]), zur Erzeugung von Unterwind für Gasgeneratoren und Flammöfen, aber auch beim Metallhüttenbetriebe (Kupfergaarmachen, Kupfer- und Bleischachtöfen), selbst für Eisenhohöfen. [3]) Der Wirkungsgrad der Ventilatoren beträgt gewöhnlich 0.25, selten bis 0.3.

Fig. 285.



Wirkungsweise.

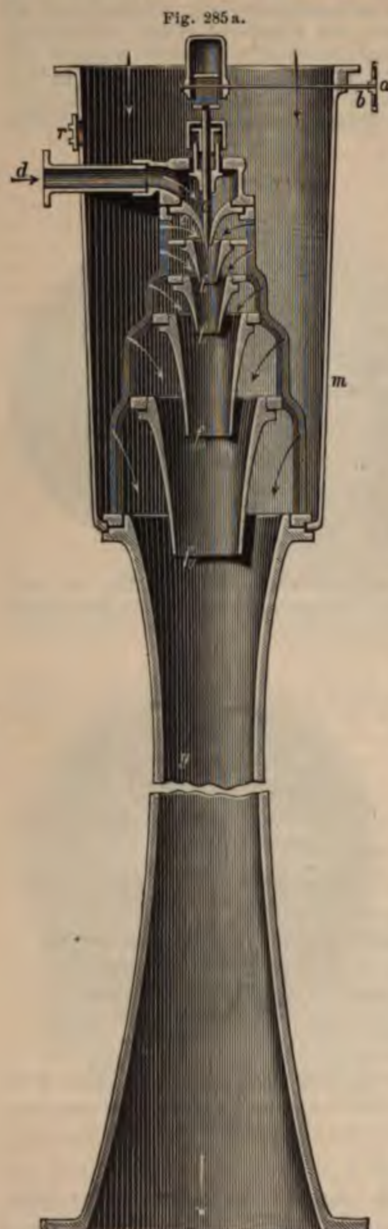
98. Dampfstrahlgebläse. Nach dem Principe der Giffard-schen Injectoren und nach dem Principe des Wassertrommel- oder

1) Kerl, Met. 1, 626. Dürre, c. l., S. 629. v. Hauer, c. l., S. 251. 2) Dürre, c. l., S. 534, 577. 3) Dingl. 132, 84. B. u. h. Ztg. 1854, S. 310.

Wasserstrahlgebläses wirkend construirt, resultirt ihre Wirkungsweise aus der Umsetzung von der Geschwindigkeit in Druck, welcher letztere dadurch hervorgerufen wird, dass ein Wasserdampfstrahl mit grosser Schnelligkeit durch ein Rohrsystem strömt und, durch Düsen mit der äussern Luft in Verbindung, diese ansaugt und nach Abnahme seiner ursprünglichen Geschwindigkeit verdichtet. Der Wasserdampf condensirt sich grösstentheils an der mitgerissenen kalten Luft und fliesst als Wasser ab. Zuweilen ist ein besonderer Apparat, z. B. ein Cylinder, zur Dampfcondensation vorhanden und man lässt die comprimirte Luft behuf des Trocknens zwischen porösen Substanzen (Cokes) aufsteigen. Die neueren Gebläse dieser Art, von Körting[1]) und Siemens[2]), unterscheiden sich von den älteren ähnlichen Vorrichtungen, die entweder ausschliesslich Wasserdampf oder diesen und Luft mit grosser Vehemenz, so dass das Feuer unter Umständen ausgeblasen wurde, austreten liessen, durch geringen Dampfverbrauch und bedeutendere Wirkung.

Vortheile. Diese durch grosse Einfachheit wegen Wegfalls aller Transmissionen und Arbeitsmaschinen, Billigkeit und Raumersparniss sich auszeichnenden Gebläse wirken um so günstiger, je höher die Dampf- und je geringer die Windspannung, und der Nutzeffect steigt bei niedrigen Windpressungen bis 75 Proc. Das Gebläse empfiehlt sich besonders für letztere und wenn der dem Wind beigemengte Wasserdampf bei demselben bleiben kann (Unterwindgebläse für Gasgeneratoren, S. 168, 174). Es kann aber auch, wie bemerkt, eine besondere Condensation des Dampfes stattfinden.

Fig. 285 a.



Beispiel. Fig. 285a. Körting's Dampfstrahlgebläse. *a* vom Dampfkessel her führendes

1) Grothe's polyt. Ztschr. 1877, No. 12. B. u. h. Ztg. 1877, S. 79. Polyt. Centr. 1875, S. 474. Ledebur, Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege, S. 82.
2) Dingl. 207, 265.

Rohr, welches in die Dampfdüse *e* mündet, deren Querschnitt durch die Regulirspindel *c* mittelst des auf der Welle *b* befindlichen Handrädchens *d* vergrössert oder verkleinert werden kann. *f* bis *h* Zwischendüsen in gewissen Entfernungen von der Mündung der Dampfdüse. Indem der Dampf aus *e* austritt, reisst er eine gewisse Luftmenge in die erste Zwischendüse *f* mit, wobei diese Luft dieselbe Geschwindigkeit erhält, welche der Dampf nach seiner Expansion in der Zwischendüse besitzt und diese Geschwindigkeit beider trägt dazu bei, dass beim Ueberspringen in die Düse *g* wieder Luft angesogen wird u. s. f., bis im engsten Theile des Druckconus *k* die Geschwindigkeit von Luft und Dampf nur noch so gross ist, dass sie dem Drucke entspricht, welcher in dem betreffenden Apparate erzeugt werden soll. *m* Schallmantel, durch ein Rohr beliebig zu verlängern, welches mit einer Localität in Verbindung deren Ventilation oder Exhaustion veranlasst.[1]) *l* Oeffnung, durch welche die Spindelstopfbüchse angezogen oder gelidert werden kann. Körting's Gebläse unterscheidet sich von den anderen dadurch, dass für Entfernung des Dampfes aus der Luft Sorge getragen ist. Zur Erzielung vollkommener Condensation lassen Potel, Cougnet und Bode[2]) den Dampfstrahl nicht in einem einzigen compacten centralen Strahle in den Conus des Apparates treten, sondern excentral in dünnen, breiten oder ringförmigen Schichten. In ähnlicher Weise wie Dampfstrahlgebläse wirken Luftstrahlgebläse.[3])

II. Windregulatoren.

99. Allgemeines. Die Regulatoren[4]) bezwecken die Ausgleichung der eine gleichmässige Verbrennung störenden Schwankungen des vom Gebläse stossweise entlassenen Windstroms, welche ihren Grund theils in dem unterbrochenen Hube der Kolbengebläse, theils in dem mit dem Kolbengange nicht gleichen Schritt haltenden Ventilspiele haben. In Folge eines Ueberdruckes öffnen sich die Ventile erst dann, wenn der Kolben bereits seinen Lauf begonnen hat. Zweck.

Zur Herstellung einer gleichförmigen Geschwindigkeit des Windes kann eine hinreichend weite und lange Röhrentour (S. 344) einen Regulator ersetzen, sowie auch eine Kuppelung von drei Gebläsen beim Einblasen derselben in einen gemeinschaftlichen Windsammelkasten die Schwankungen genügend beseitigen. Intermittirender Wind[5]) hat sich nicht bewährt. Die Regulatoren, in denen eine constante Spannung herrschen soll, haben entweder ein unveränderliches oder ein veränderliches Volumen, erstere im Allgemeinen für höhere, letztere für niedrigere Spannungen.

100. Regulatoren mit unveränderlichem Volumen. Dieses sind Sammelbehälter für den Wind mit unbeweglichen Wänden, welche den Windstrom mit um so gleichmässigerem Drucke entlassen, je grösser ihr Volumen im Verhältniss zu dem des Gebläseraumes. Stärke der Windpressung, Anzahl der ausblasenden Gebläseräume und Länge und Weite der Windleitungsröhren bedingen hauptsächlich die Grösse des Regulators. Construction.

Nach Redtenbacher giebt man demselben das 40—60fache Volumen des pro Sec. in denselben entlassenen Windquantums. Nach v. Hauer verhalten sich unter sonst gleichen Umständen die Inhalte des Regulators für Gebläse mit 1, 2 und 3 doppeltwirkenden Cylindern wie $1 : {}^{1}/_{14} : {}^{1}/_{59}$ und man giebt bei Gebläsen mit 1 Cylinder und 0.2—0.25 m Quecksilberpressung, sowie bei zwei ungekuppelten Gebläsen dem Regulator das 20fache Cylindervolum, bei zwei in gewöhnlicher Weise gekuppelten

1) Wagner's Jahresber. 1874, S. 997 (Leuchtgasexhaustor); 1875, S. 458. Dingl. 218, 367. Uhland's Maschinenconstructeur 1875, S. 248. 2) Dingl. 228, 291. 3) Dingl. 228, 293. 4) Kerl, Met. 1, 627. v. Hauer, c. l., S. 183. 5) B. u. h. Ztg. 1859, S. 328, 380, 439; 1860, S. 326, 440. Gruner-Kupelwieser, c. l., S. 354.

Cylindern das 10fache Volum und bei dreicylindrigen Gebläsen ist gar kein Regulator erforderlich.

Der Regulirungsgrad, das Verhältniss der grössten Veränderung der Windpressung zum mittleren Manometerstande, macht einen um so kleineren Regulator erforderlich, je geringer ersterer ist, und er schwankt zwischen 0.04 – 0.06.

Man unterscheidet:

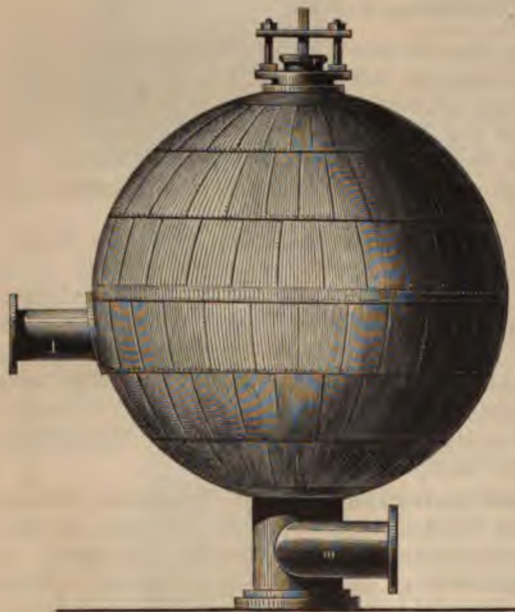
Metallregulatoren.

1) Metallregulatoren, seltener aus Gusseisen, als aus zusammengenieteten Eisenblechtafeln, der grösseren Festigkeit wegen mit kreisrundem Querschnitt hergestellt. Die Kugelform (Ballonregulatoren) gestattet bei gegebenem Volum die kleinste Oberfläche und bei hoher Lage mehr Raum im Gebläsehause, erfordert aber bei Aufstellung im Freien eine Sicherung gegen Windstösse durch Ketten oder Streben.

Beispiele.

Ein solcher Ballonregulator[1]) (Fig. 286) hat z. B. bei 8 m und mehr Durchmesser ein Windeinführungsrohr *m*, ein Windausführungsrohr *l* und ein Sicherheitsventil, und erhält einen der Witterung widerstehenden Anstrich.

Fig. 286.



Cylindrische Regulatoren, seltener stehend als liegend und dann von 0.78—2.82 m Durchmesser und bis 72 m Länge (die engeren wohl von Gusseisen, die weiteren von Eisenblech) und durch Halbkugeln begrenzt, stehen entweder im Freien oder werden in eine Grube gelegt. Bei grösserer Länge ist der Wind in den davon zuerst getroffenen Düsen ungleichmässiger.

Die Metallregulatoren, obgleich theuer in der Anlage und Reparatur, sind einfach und bedürfen keiner Wartung.

Auf Eisenhütten (z. B. Antonien- und Königshütte) giebt man zur Ersparung der colossalen Regulatoren den eisernen Windleitungen 1.5—2.5 m Durchmesser, wobei die Maschinen wegen des geringeren Widerstandes und des gleichförmigen Ausströmens an der Düse bedeutend an Effect gewinnen.[2]) Ventilatoren hat man zu Hall[3]) in Tyrol mit einem als Regulator dienenden Canale aus ovalen Cementgussröhren von 1.1 m Länge, 785 mm Höhe und 585 mm Weite in Verbindung gebracht.

Gemauerte Regulatoren.

2) Gemauerte oder seltener in nicht klüftigem Gesteine eingehauene Regulatoren behindern wegen ihrer unterirdischen Lage den Raum hinter den Oefen nicht, wie die vorhergehenden, sind aber unsicherer und zuweilen theurer (Rhonitz). Bei halbcylindrischer (Pou-

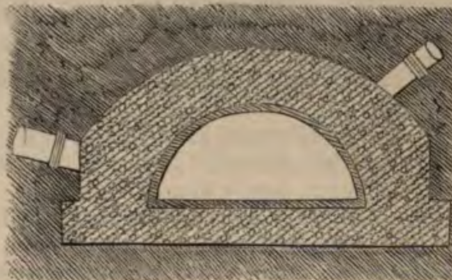
1) Kerl, Met. 1, 629. Hartm., Fortschr. 5, 100. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1861, S. 93. 2) Preuss. Ztschr. 14, 300, 313; 22, 273. v. Kerpely's Fortschr. 6, 81. 3) B. u. h. Ztg. 1873, S. 34.

in)[1]) oder cylindrischer Gestalt (Rhonitz)[2]) werden erstere aus Stein-
der Betonmauerwerk hergestellt, wohl in mehreren Lagen hinter ein-
nder aufgemauert, Zwischenräume und Rückwand mit Thon und die
ugen durch Cement gedichtet, die Innenflächen mit Theer (Zsarno-
itz[3]) oder Asphalt, weniger gut mit Eisenkitt (Lehm und Eisen-
rehspäne) überzogen.

Beispiel.

Regulator zu Pouzin (Fig. 287) ist in 25 m Länge aus in Mörtel eingetauchten Ziegelsteinen hergestellt, mit Mörtel aus 1 Vol. hydraulischem Kalk, Vol. Sand und 4 Vol. zerkleinten ieselsteinen umgeben. Innenände mit Mörtel und einem Geische von Theer und Kalk übergen, Boden mit Cement und nn mit Asphalt übergossen.

Fig. 287.



Construction.

101. Regulatoren mit eränderlichem Volumen. ieselben bestehen entweder einem belasteten, auf das nströmende Luftquantum rückenden und in einem fenen Cylinder gleitenden olben oder kolbenähnlich wirkenden Körper Trockenregulatoren) der in einem das Reservoir nach unten abschliessenden Wasserniveau Wasserregulatoren).

Trockenregulatoren.

1) Trockenregulatoren. ieselben kommen für mindere ressungen (z. B. für lederne Spitzälge, seltener Cylindergebläse) äufig in Anwendung in Gestalt on Lederregulatoren (Fig. 270, 71, 272), seltener als Kolbender Reibungsregulatoren, B. an Kastengebläsen, aber wegen Windlässigkeit und Kostspiegkeit wenig gebräuchlich.

Fig. 288.



Fig. 288. Kolbenregulator. *e* Kolben mit Sicherheitsventil *f* und mittelst es Querhauptes *g* an den Stangen *h* gleiend. *c* und *d* Windzuströmungs- und Abitungsöffnung.

Wasserregulatoren.

2) Wasserregulatoren. ieselben pflegen feuchten Wind zu efern, welcher z. B. beim Eisenohofenbetriebe das Ausbringen verindern und das Roheisen weiss achen kann.[4]) Man unterscheidet:

1) B. u. h. Ztg. 1857, S. 43. 2) B. u. h. Ztg. 1863, S. 94. v. Kerpely, Eisenhüttenwesen Ungarn 1872, S. 183. 3) Oest. Ztschr. 1871, S. 45. 4) Allgem. b. u. h. Ztg. 1863, S. 229.

Glocken-regulator.

a) Regulatoren mit feststehender Glocke (Fig. 289). *a* Wasserbassin. *b* Holzkasten (Glocke), durch seitliche Oeffnungen mit *a* communicirend und 10—20 mal so gross als der Gebläsecylinder seinem Inhalte nach. *c* Lufteinströmungsöffnung. *d* Luftausströmungsöffnung. Durch die höhere Wassersäule in *a* werden die Ungleichmässigkeiten des Luftstromes ausgeglichen, wobei aber das Wasser ins Schwanken kommt, in Folge dessen auch die Luft bewegt und leicht feucht wird; deshalb finden sich solche Regulatoren trotz grosser Einfachheit selten in Ausführung.

Fig. 289.



Wasser-tonnen-regulator.

b) Regulatoren mit beweglicher Glocke oder Wasserliderung (Wassertonnenregulator). Die Glocke *a* (siehe vorige Figur) bewegt sich an Leitungen auf und nieder, ist mit Gewichten beschwert und durch eine Feder oder Gewichte in ihrem Hube begrenzt. Solche Apparate empfehlen sich wegen Billigkeit und Dauerhaftigkeit, bedürfen wenig Wartung und nur eines 1—3fachen Volums des Cylinders, auch die Spannung der Luft ändert sich wenig.

Eine zweckmässige Einrichtung hat Chauffriat's Regulator [1]), welcher eine genaue Regulirung des Spiels der Glocke zulässt.

Wood's Druckregulator [2]) gestattet die Verminderung des Dampfzutritts in den Dampfcylinder bei verstärktem Winddrucke.

III. Winderhitzungsapparate. [3])

Wirkung der erhitzten Luft.

102. Allgemeines. Nachdem schon Seddler 1799 auf die energische Wirkung erhitzten Sauerstoffs und 1822 Leuchs auf die der heissen Luft aufmerksam gemacht, nahm Neilson [4]) 1828 mit Macintosh, Dunlose und Wilson ein Patent auf die Anwendung von erhitzter Gebläseluft für metallurgische Zwecke. Dieselbe hat beim Eisenhohofenbetriebe zur Steigerung der Temperatur im Verbrennungsraume und in Folge dessen zu Ersparung an Brennmaterial (15—45 Proc.), Erhöhung der Production, grösserem Ausbringen und leichterer Regulirung des Ofenganges beigetragen und zwar ist nach Ledebur [5]) die relative Ersparung an Brennmaterial im Allgemeinen bei kleinen Oefen und bei Verhüttung schwerer reducirbarer Erze grösser. Auch Bell [6]) hat die Wirkung der heissen Luft in verschieden grossen Oefen nachgewiesen.

Die Temperatursteigerung im Gestelle entspricht nicht nur der vom Winde mitgebrachten Wärme, sondern ist beträchtlich grösser (1 Thl. Kohle im Winderhitzungsapparate verbrannt, lässt bis 5 Thle. im Hohofen ersparen), was seinen Grund hat: a) in der rascheren Nutzung der heissen Luft und somit Beschränkung

1) Dingl. 181, 346. 2) Engineering, Sept. 1871, p. 204. 3) Jordan, Album du Cours de Métallurgie 1874, Taf. 37—44. Berggeist 1867, No. 23, 25, 28, 32. B. u. h. Ztg. 1868, S. 152; 1872, S. 266; 1873, S. 201 (Gruner). Gruner-Kupelwieser, Abhandl. über Metallurgie 1877, Bd. 1, S. 368. v. Kerpely's Fortschr., Bd. 1—10. Karmarsch, Geschichte d. Technol. 1872, S. 249. 4) v. Kerpely, Fortschr. 2, 88. B. u. h. Ztg. 1868, S. 177. 5) Kärnthn. Ztschr. 1875, S. 263, 331. 6) Engin. and Min. Journ. 1876, No. 1. Vol. 22.

ihrer Wirkung auf einen engeren Kreis, was noch zur Folge hat, dass eine höhere Cokessäule vom Winde unverändert bleibt, so dass dieselbe stärker kohlend aufs Eisen wirken kann [1]); b) in der Entwicklung von mehr Kohlensäure, als Kohlenoxydgas bei dieser momentanen Wirkung der heissen Luft, welches letztere bei kalter Luft reichlicher erzeugt, sich erst bei einer wieder eingetretenen Temperaturerniedrigung mit dem zutretenden freien Sauerstoffe verbindet (Bunsen'sches Gesetz) [2]); c) in dem Umstande, dass die mit dem Winde in den Ofen gebrachte Wärme zum Unterschiede von der durch verbrennende Kohle producirten ohne alle Gasvermehrung erfolgt, welche letztere mehr Wärme aus der Gicht entführt [3]); d) neben Steigerung der Wärme im Verbrennungsraume erwächst noch durch die heisse Luft dadurch eine Erhöhung der mechanischen Leistung, dass bei gleicher Betriebskraft und reducirter Windmenge die Geschwindigkeit der aus der Düse tretenden Luft grösser wird. [4]) Die Gichtgase sind bei heissem Winde kühler, als bei kaltem, indem die Verbrennung weniger Gase giebt, welche beim Durchstreichen gleicher Mengen Schmelzmasse sich mehr abkühlen. [5])

Anwendbarkeit.

Die durch solche gesteigerten Temperaturen hervorgebrachten Vortheile sind besonders bei Reductionsprocessen (Eisenhohofenprocess, Hammergaarmachen des Kupfers) hervorgetreten, dann auch bei solchen Processen, wo es im Wesentlichen nur auf Wärmeentwicklung ankommt (Cupoloofenbetrieb, Silberroharbeit, Kupferschieferschmelzen), dagegen weniger bei Oxydationsprocessen (Kupfergaarmachen, Abtreiben, Eisenfrischen) wegen zu raschen Einschmelzens der Massen und deshalb nicht genügender Zeit zur Abscheidung der fremden Beimengungen, ferner nicht bei gewissen Solvirungsprocessen, bei denen Metalloxyde, namentlich Eisenoxydul verschlackt werden sollen (Blei-, Kupfer-, Silber-, Zinnhüttenprocesse). Doch liegen auch für Oxydationsprocesse (Abtreiben und Silberfeinbrennen in Kongsberg [6]), Eisenfrischen [7]) u. s. w.) günstige Wirkungen vor, nachdem man Rücksicht darauf genommen hat, dass bei Anwendung von erhitzter Luft die für kalte Luft benutzte Düse zu eng ist und erweitert werden muss, um die erforderliche Menge Sauerstoff zum Metallbade zu führen (S. 348).

Einfluss aufs Roheisen.

Durch die höhere Temperatur im Gestelle bei Anwendung von heissem Winde [8]) wird dieses zwar stärker angegriffen und die Reduction von Silicium begünstigt; ersterem Uebelstande lässt sich aber durch Kühlung des Gestelles, letzterem durch eine basischere Beschickung (nicht immer durch Erhöhung des Erzsatzes) oder nach Umständen durch Erweiterung des Gestelles oder Verminderung der Windpressung entgegenwirken. Durch eine basische Beschickung wird auch in höherer Temperatur die Entfernung des Schwefels begünstigt [9]) und bei dem gleichmässigeren Ofengange sonst noch vortheilhaft auf die Eisenqualität eingewirkt. Kupfer und Phosphor werden nicht mehr aufgenommen als bei kaltem Winde, wohl aber nimmt ein Mangangehalt zu, weshalb man zur Darstellung von Ferromangan [10]) sehr hohe Windtemperaturen (bis 800°) anwendet.

---

1) B. u. h. Ztg. 1868, S. 42; 1869, S. 145. Åkerman-Tunner, Studien u. s. w. 1872, S. 40. 2) Pogg. Ann. 101, 161. 3) B. u. h. Ztg. 1872, S. 265. Bell's Antrittsrede beim Iron and Steel Institute. Uebersetzt von Hupfeld. Klagenfurt 1873, S. 11. 4) v. Hauer, Hüttenwesensmaschinen, 2. Aufl., S. 35. Callon, Cours de Machines 1873, Bd. 1, S. 312. Frazier, Transact. of the Inst. of Mining Engineers 1878, Bd. 6. B. u. h. Ztg. 1879, S. 102. 5) Gruner, étutes sur les Hauts-Fourneaux 1873, p. 90. 6) Berggeist 1872, S. 18. 7) Bgwfr. 5, 21. Kerl, Met. 3, 460. 8) Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1877, No. 4. Wolters in Rev. univers. 1877, Vol. 2, p. 350 u. B. u. h. Ztg. 1878, S. 282. 9) B. u. h. Ztg. 1868, S. 43. 10) Kerl, Grundr. d. Eisenh., S. 366. B. u. h. Ztg. 1877, S. 285, 431; 1878, S. 28, 79, 340, 427. Dingl. 226, 54; 231, 427.

Ausser für Ferromangandarstellung (S. 347) ist eine höhere Windtemperatur (z. B. bis 600°) angezeigt bei Darstellung von Bessemerroheisen zur Erzielung eines silicium- und manganreicheren Productes, ferner für Roheisen zum Umschmelzen oder zur Anwendung für gewöhnliche Gusswaaren. Wegen grösseren Graphit- und Siliciumgehaltes (von letzterem etwa 1 Proc.) ist es zwar weniger fest und dicht, was aber bei viel Gusswaaren weniger in Betracht kommt, als Weichheit und nicht Hartwerden beim Guss. Solches Eisen gestattet bei letzterem grössere Zusätze von Eisenschrot und Brucheisen. Muss das Roheisen, z. B. für grössere Stücke, möglichst bedeutende Festigkeit besitzen, so bläst man zur Erzeugung eines weniger Graphit und Silicium enthaltenden Roheisens mit weniger hoher Windtemperatur. Sehr empfindlich gegen den Einfluss des erhitzten Windes ist das zum Adouciren bestimmte hellweisse Roheisen, da schon ein geringer Siliciumgehalt bei dem genannten Processe die Absonderung eines grauen Kernes leicht veranlasst. Roheisen für den Puddelprocess, sowie zum Verfrischen im Herde nach der Franche-Comté und deutschen Frischschmiede erhalten in Schweden zweckmässig nur 0.22—0.5 Proc. Silicium, also keine höhere Windtemperatur (nicht über 200° C.), Roheisen für die Lancashireschmiede nur 0.2—0.3 Proc. Silicium.[1]) Ueble Erfahrungen, welche man mit heisser Luft gemacht haben will, lassen sich häufig zurückführen auf zu schwache Gebläse[2]) oder auf nicht erweiterten Düsendurchmesser beim Uebergange von kalter zu heisser Luft. Bei einem solchen ist nach v. Kerpely[3]) der Düsenquerschnitt für je 100° Temperaturerhöhung mit folgenden Factoren, für viele Fälle gültig, zu multipliciren:

bei	100°	200°	300°	400°
mit	1.15	1.3	1.4	1.5.

Höhe der Winderhitzung.

Während man früher den Wind auf höchstens 350—400° C. erhitzte, so wendet man jetzt, namentlich in Cleveland, Temperaturen von 500—800° C.[4]) an, ohne ungünstigen Einfluss auf das Product, aber mit bedeutender Brennstoffersparung.

Letztere beträgt bei Wind von 150— 300° C. an 15—30 Proc.; bei Wind von 700—800° noch weitere 20 Proc. und mehr und Erhöhung der Production um $^1/_5$.[5]) Nach Åkerman führt eine um 100° gesteigerte Windtemperatur dem Ofen mindestens dieselbe Wärmemenge zu, als 8 Proc. des angewendeten Brennmaterials entspricht. — Nach v. Tunner[6]) giebt eine höhere Erhitzung des Windes als bis höchstens 300° bei Darstellung von weissem Roheisen keine Brennstoffersparung mehr, wohl aber bei Graueisen. Bei Weisseisen muss der Erzsatz zur Erniedrigung der Temperatur stark erhöht werden, in Folge dessen findet die Reduction unvollständig statt und es entsteht Kochschlacke im Herde, die sich dem Eisen beimengt und dasselbe verschlechtert. — Bell[7]) bestreitet überall, dass hocherhitzter Wind von 800° dem Winde von 450—500° gegenüber eine Brennmaterialersparung gewähre, indem bei ersterem im Formniveau eine grosse Hitze entsteht, welche die Kohlensäure zur sofortigen Umsetzung mit Kohle in Kohlenoxyd veranlasst, so dass auch an letzterem reichere Gichtgase entstehen. — Nach Gruner entstehen grosse Vortheile beim Erhitzen des Windes von 400 auf 700°, welche aber bei Temperaturen darüber nicht gleichen Schritt halten, weil die Windmasse mit steigender Temperatur sich vermindert und die anfangs sehr starke Abkühlung der Gichtgase dann begrenzt wird durch Verminderung des in reichlicherer Menge entwickelten Kohlenoxydgases. Kalter Wind wird zuweilen noch angewandt bei Darstellung eines grauen, nicht zu graphithaltigen Roheisens bei langsamem Ofengange und reinen Erzen, um daraus möglichst zähes Stabeisen darzustellen, z. B. für die Draht- und Blechfabrikation (Russisches Eisenblech)[8]), auch sonst in Russland.

Winderhitzungsapparate.[9])

Je nach den zu erzielenden Windtemperaturen wendet man gusseiserne Röhrenapparate (für bis zu 400—500° erhitzte Luft) oder

1) Åkerman-Tunner, Studien über Wärmeverh. d. Eisenhohofenprocesses 1872, S. 51. 2) B. u. h. Ztg. 1863, S. 96. 3) B. u. h. Ztg. 1868, S. 152. Berggeist 1872, S. 18. 4) B. u. h. Ztg. 1867, S. 296; 1868, S. 139, 151; 1870. S. 191; 1871, S. 140. Gruner, c. l., S. 90. 5) B. u. h. Ztg. 1870, S. 191; 1871, S. 239. 6) B. u. h. Ztg. 1873, S. 398. Kärnthn. Ztschr. 1874, S. 168. 7) B. u. h. Ztg. 1873, S. 397. 8) Oest. Ztschr. 1874, S. 96. v. Tunner, Russlands Montanindustr., S. 111. 9) Gruner-Kupelwieser, c. l., S. 368. Percy-Wedding Metallurgie, Bd. 2. Abthlg. 2, S. 74.

bei Temperaturen über 500° meist Apparate aus feuerfesten Massen (Ziegel- oder Regeneratorwindapparate) an.

Zuweilen findet die Erhitzung der Verbrennungsluft an gewissen heissen Theilen von Oefen, welche gekühlt werden sollen, statt (in der Feuerbrücke, in den Feuerraumswänden, im Herdeisen, in Canälen unter Flammofenherden, in den Formen u. s. w.); auch ist die Erhitzung des Windes durch glühende Schlacken empfohlen worden.

Die Erhitzung der gusseisernen und Ziegelapparate geschieht entweder durch directe Feuerung oder, was meist in ökonomischer Hinsicht sich mehr empfiehlt, durch Gichtgase, welche wegen ihrer längeren Flamme das Heizen grösserer Räume gestatten und die eisernen Röhren mehr schonen als die Stichflammen der directen Feuerungen. Bei ersteren muss die Esse höher sein als bei letzteren. Häufig zieht man Vercokungsgase zur Winderhitzung vor, weil Gichtgase zuweilen dann gerade ihren Dienst versagen, wenn der Wind wegen schlechten Ofenganges stark erhitzt werden muss.

Bei Anwendung von festem Brennmateriale stellt man bei Schachtöfen behufs Vereinfachung der Anlage und Verkürzung der Windleitungsröhren die Apparate meist auf der Hüttensohle auf, seltener etwas über derselben; bei Gichtgasfeuerung aber entweder auf der Hüttensohle oder bei niedrigeren Oefen neben der Gicht, wenn Raum genug vorhanden und das Gebläse hinreichend kräftig ist; sonst muss man die Gase auf die Hüttensohle mittelst stark ziehender Essen herabsaugen. Bei Herdöfen legt man den Apparat entweder ganz oder theilweise über die Flamme und bei Flammöfen besser in den unteren Theil der Esse, als in den Fuchs, aber auch wohl in den Aschenfall und die Feuerbrücke.

103. Röhrenapparate. Dieselben stehen bei directer Feuerung wegen kürzerer Röhrenleitungen meist auf der Hüttensohle, bei Gichtgasfeuerung aber neben der Gicht, wenn Raum vorhanden und das Gebläse kräftig genug ist. Röhrenapparate.

Gichtgase gestatten wegen längerer Flamme die Vergrösserung des Heizraumes und geben, wie bemerkt, weniger die Röhren zerstörende Stichflamme als Steinkohlen, namentlich wenn man eine reducirende Flamme anwendet oder die Verbrennung in einer Vorkammer vornimmt (S. 166). Es bedarf dabei einer Reservefeuerung, welche Vercokungsgase nicht erfordern (S. 167). Nach Rinman[1]) bedürfen die gebräuchlichen Windwärmapparate $^1/_5$ des Gesammtvolums der Hohofengase.

Bei kleineren Windmengen, z. B. von 20—30 cbm pro Min. und Apparat, lässt man den Wind entweder durch eine aus horizontalen Schlangenröhren bestehende lange Tour gehen (Wasseralfinger Apparat) oder man theilt die Windmenge in 8—12 gleiche Theile und lässt jeden derselben durch eine verhältnissmässig kurze Tour strömen (Calder- oder Hosenröhren-, stehender, Schottischer Apparat). Für grössere Windmengen und höhere Temperaturen wird jeder der 8—12 Thle. Wind in einem einrohrigen oder mehrrohrigen Apparate erwärmt (z. B. Apparat von Gjers).

Zu einem guten Apparate gehören:[2]) Anforderungen an die Apparate.

a) Eine passende Windgeschwindigkeit in den Röhren.

Dieselbe influirt hauptsächlich auf den Druckverlust, veranlasst durch Reibung des Windes an den Wänden, wird hauptsächlich durch den Röhrenquerschnitt geregelt und darf beim Erhitzen des Windes auf 300° höchstens 10 m, bei 500—600° nur 5—6 m pro Sec. betragen. Das Calder'sche System hat vor dem Wasseralfinger hinsichtlich des Druckverlustes nur dann den Vorzug, wenn die

1) B. u. h. Ztg. 1872, S. 112. 2) Gruner in B. u. h. Ztg. 1873, S. 201. Dineur in Rev. univers., livr. 1 de 1875, p. 180.

Röhren hinreichenden Durchmesser besitzen. Eine grössere, als vermehrte Wärme erscheinende Reibung erfordert ein kräftigeres Gebläse und es ist bei Dampfgebläsen der passendste Heizrohrquerschnitt in einem vorliegenden Falle durch einen Vergleich des mehr aufgewendeten Brennmaterials und der Mehrerhitzung des Windes zu bestimmen.

Nach Erfahrungen in Schweden soll die Geschwindigkeit des Windes in den Röhren nicht über 3 m betragen, die Erhitzungsfläche so viel Quadratfuss halten, als die per Minute durchströmende Luftmenge Cubikfuss beträgt, jeder Apparat in zwei Theile, einen Vorwärm- und Vollendheizraum getheilt und der Gasverbrennungsraum abgesondert sein, damit die Gusseisenröhren von der Stichflamme nicht leiden.

b) Eine passende Heizfläche.[1])

Bei gleicher Windgeschwindigkeit ist die Erwärmung um so energischer, je relativ grösser der Umfang des Querschnittes; der Druckverluste wegen müssen jedoch zu kleine Querschnitte vermieden werden. Für eine Temperatur von 300° ist eine Minimalfläche von 1 qm pro cbm Luft in der Minute anzunehmen, bei 350° etwa $1^1/_2$, bei 500—600° aber 4—5 qm. Ovale Röhren bieten bei gleicher Windgeschwindigkeit eine grössere Heizfläche dar als kreisrunde, aber die Reibung erhöht sich. Es sind diejenigen Apparate die vollkommensten, in welchen der Wind bei gleicher Erhitzung die kürzeste Zeit bleibt.

c) Eine methodische Erwärmung.

Die stärkste Erhitzung und beste Ausnutzung der Wärme findet statt, wenn die zu erwärmende Luft die umgekehrte Bewegung der heizenden Gase besitzt (Gegenstromprincip).[2]) Bei gleicher Richtung von Gas- und Windstrom erhitzt sich letzterer rasch, aber alsbald haben beide Ströme gleiche Temperatur angenommen, während letzterer beim Gegenstromprincip durch längere Berührung reichlichere Wärme aufnimmt und sich höher erhitzt. Nutzeffect höchstens 50 Proc.

d) Eine zum durch die Hitze ausgedehnten Windvolum proportionale Vergrösserung des Röhrenquerschnittes.

Die Vergrösserung geschieht nach der Formel $1 + 0.00367\,t$, worin t die Zunahme der Windtemperatur.

e) Sonstige zweckmässige Einrichtungen.

Ein Apparat ist um so zweckmässiger, je mehr die Verbindungs- und Dichtungsstellen ausser dem Bereiche der Heizflamme liegen, je weniger die gespannten Theile zu springen geneigt sind, je leichter die Auswechselung schadhaft gewordener Theile und je bequemer die Reinigung bei genügender Weite des mit Register versehenen Erhitzungsofens, damit die Feuergase ungehindert emporströmen können. Wandstärke der Röhren 12—32 mm.

Gebräuchlichste Röhrenapparate.

Nachstehende Apparate sind am häufigsten in Anwendung:

Liegende Apparate.

1) Liegende oder Wasseralfinger Apparate, aus mehreren Reihen horizontaler, durch Knierohre verbundener Röhren bestehend. Dieselben gestatten im Vergleich zu den stehenden Vorrichtungen eine leichtere Anwendung des Gegenstromprincipes und die allerdings zahlreichen, leicht zu Windverlusten führenden Verbindungsstellen liegen besser ausserhalb des Heizraumes, dagegen werden die unteren, bei Stichflamme mit Thonschutz zu umgebenden Röhren bei directer Feuerung stärker erhitzt als die oberen, die Röhren bedecken sich leichter mit Flugstaub und müssen öfters gereinigt werden; auch biegen sie sich bei kreisförmigem Querschnitte (Fig. 290), wenn sie über 2 m

---

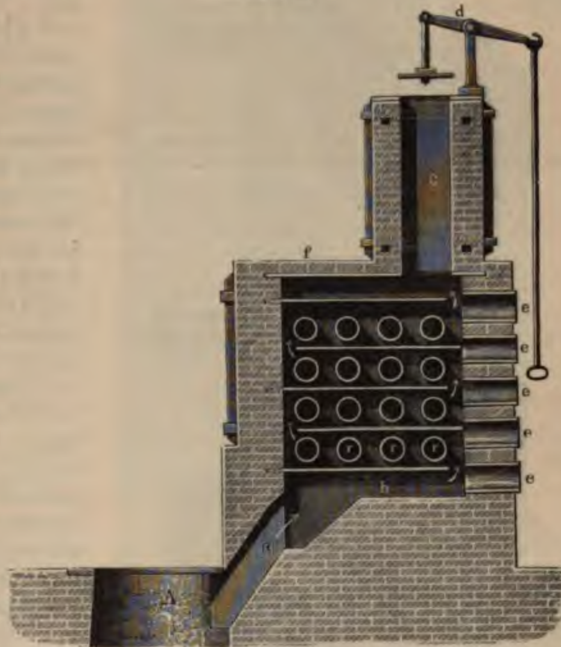
1) Åkerman-Tunner, Studien über die Wärmeverh. d. Eisenhohofenprocesses 1872, S. 60. 2) Åkerman-Tunner, c. l., S. 57.

Länge haben, durch ihr eigenes Gewicht leicht durch. Grösseren Widerstand leisten auf die hohe Axe gestellte, aber grössere Reibung herbeiführende ovale Röhren (Fig. 291) bei minder leichtem Ansatze von Flugstaub. Durch Vertheilung des Windes aus dem Hauptrohre in mehrere, sich demnächst wieder vereinigende Röhrenstränge lassen sich grössere Windmengen mit minderer Reibung bewegen und vergrössern (Westfälischer Apparat.)

Beispiele.

Alter Wasseralfinger Apparat (Fig. 290).[1] *A* Eisenhohofen. *a* Gichtgasabzug, mit Schieber versehen. *b* Heizraum mit den Windröhren *r*, deren Knierohre ausserhalb des Apparates *f*. *c* Schlot mit Klappe *d*. *e* Luftzuführungsöffnungen.

Fig. 290.



Langen'scher oder Westfälischer Apparat (Fig. 291). *Z* Fundament, darüber ein 6.9 m hoher, 2.8 m breiter und 3.1 m langer Ofen mit 6 Röhrensträngen *B, C, D, F, G, K, L*, durch die die Feuergase circuliren lassenden Scheidewände *O, P, Q, R, S, T* getrennt. Röhrenreihen von 4—6 Röhren 13 bis 26 cm übereinander, die Röhren von 1.5—3 m Länge, 26 bis 37 cm Weite und 2—4 cm Wandstärke. *W, V* Feuerungen. *U* Züge für die Feuergase. *A* Eintritt des kalten, *N* Austritt des heissen Windes (Westfalen[2]), Anina[3]) etwas modificirt). Durch die Vertheilung des Windes in mehrere Stränge wird zwar der oben erwähnte Vortheil erreicht (S. 351), aber der Apparat hat den Uebelstand, dass sämmtliche Krümmlinge innerhalb des Heizraumes liegen, was bei dem nachstehenden Apparate vermieden ist.

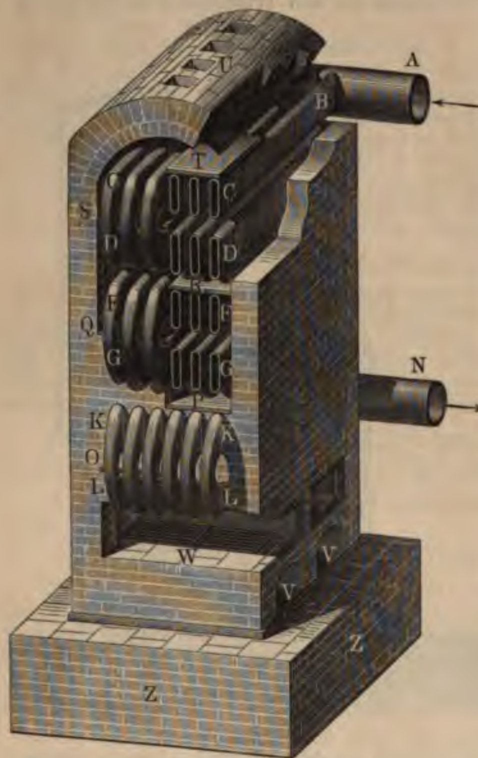
Lothringer oder Karcher'scher Apparat[4]) (Fig. 292), bei welchem die fest eingemauerten Krümmlinge *a* ausserhalb des geheizten Raumes liegen, während die elliptischen Röhren, durch Scheidewände *d* getheilt, an ihrem hintern Ende lose aufliegen und sich ausdehnen könnten, ohne das Mauerwerk zu zerstören. Beim Schadhaftwerden kann eine Röhre ganz ausgeschaltet werden durch Anwendung längerer Krümmlinge *b*. *A* Windeintrittsrohr. *B* Windaustrittsrohr. *f* durchbrochene Gewölbe, unter welche in einem Nebenraume verbrannte Hohofengase eingeleitet werden. *e* Hilfsfeuerung, auf welcher bei Stillständen zur Verhütung von Explosionen Brennmaterial brennt. *c* mit Sicherheitsklappen verschlossene Oeffnungen. Eine grössere Zahl mit Schiebern versehener Oeffnungen

1) Åkerman-Tunner, c. l., S. 55. 2) B. u. h. Ztg. 1868, S. 410, 1872, S. 130. Berggeist 1867, No. 28, 32. Preuss. Ztschr., Bd. 19, Taf. 5. v. Kerpely, Fortschr. 5, 87. 3) B. u. h. Ztg. 1871, S. 302. 4) B. u. h. Ztg. 1874, S. 179.

dient zum häufigen Reinigen der 6 × 7 = 42 Röhren. *g* Essen. Röhren innen 0.15 m weit, 0.65 m hoch und 2.395 m lang, Wandstärke 0.025 m, Gewicht 600 kg, Dicke der Scheidewand 0.025 m, Wärmfläche einer Röhre 3.035 qm, Windtemperatur 420° C. (Werke von Karcher und Westermann zu Ars sur Moselle, Novéant, Metz & Co. zu Dommeldingen in Luxemburg, Neunkirchen, v. Born'sche Hütte bei Dortmund, Niederrheinische Hütte u. s. w.).

Rhonitzer Apparat[1]), aus concentrischen Röhren bestehend, welche von Innen und Aussen geheizt werden, während der kalte Wind den ringförmigen Zwischenraum durchzieht, sehr wirksam. Metz & Co. in Dommeldingen (Luxemburg) haben nach dem Systeme der Locomotivkessel eingerichtete Apparate.

Fig. 291.

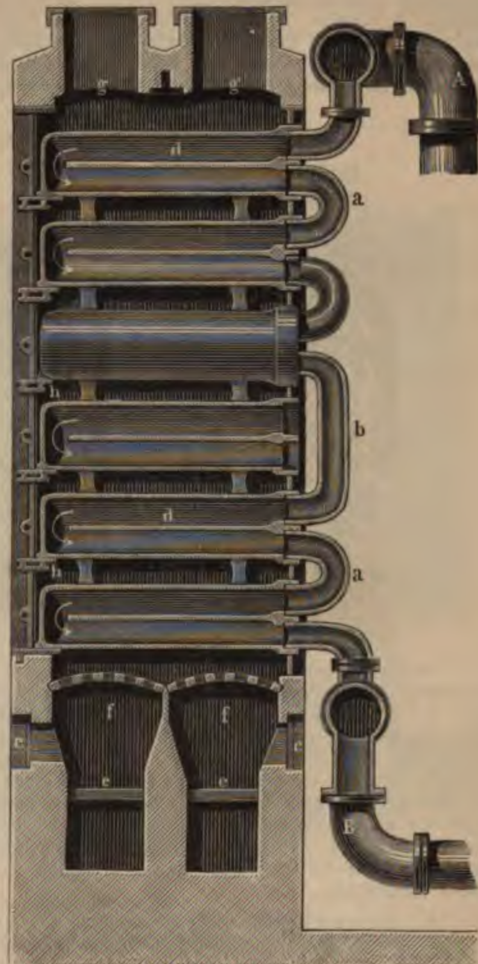


Stehende Apparate.

2) Stehende Apparate. Bei dem Repräsentanten dieser Gruppe stecken eine Reihe stehender gebogener engerer Röhren mit ihren Enden in zwei weiteren parallelen horizontalen Röhren oder Kästen (schottischer, Calder'scher, Syphon-, Hosenröhrenapparat). Verticale Röhren lassen sich dünner giessen als horizontale, erhitzen sich in Folge dessen stärker, oxydiren sich weniger, Flugstaub setzt sich weniger leicht ab und durch die vielfache Vertheilung des Windes nimmt dessen Geschwindigkeit ab. Dagegen springen die ganz im Innern des geheizten Raumes liegenden unzugänglichen Röhren leicht am Knie, was dadurch vermieden wird, dass man zwei Reihen einander gegenüber stehender, am oberen Ende sich nicht berührender Röhren mit Scheidewänden im Innern auf parallelen horizontalen Kästen anordnet (Pistolenapparate), wobei aber der Wind scharfe Wendungen machen muss. Für höhere Windtemperaturen (500—550° C.) vertheilt man den Wind in mehrere Doppelapparate, deren jeder aus einer Röhre oder einem horizontalen rectangulären Kasten mit Rohransätzen besteht. Letztere sind durch je zwei hufeisenförmige, in parallelen Reihen stehende Röhren verbunden und es befinden sich in den horizontalen Kästen Scheidewände, die zwischen je 2 Rohransätzen desselben Syphons angebracht sind. Es muss somit bei diesen

1) Rittinger's Erfahr. 1864.

araten mit einfacher Rohrleitung die ganze Luftmenge und absteigend allmählich die ganze heberartige Röhrenreihe hstreichen (Clarence-rat, Gjers' Apparat[1]) leveland, auf Friedau-, Apparat auf Hütte an[2]), in Lothringen w.). Noch wirksamer auf französischen ten[3]) angewandte Ap-te dieser Art mit facher Leitung bei ren mit wachsendem rschnitt und methodi-r Erwärmung, indem Wind nach einander rere Abtheilungen eines 36 verticalen Röhren Scheidern und aus zontalen rectangulären ten bestehenden Appa-s passirt. Nach ähn-em Principe sind Ap-te mit Reihen verti-r Schlangenröhren con-irt (Siebenbürgen)[4]).



Beispiele.

alderapparat (Fig. 293). rundröhre zur Aufnahme kalten Windes, welcher die Syphonröhren b nach Grundröhre c zieht und hier erhitzt austritt (Eng-, Schottland[5]), Amerika, schlesien[6]) u. s. w.). Ober-sischer Apparat: 36 in 2 en bei 195 mm Entfer-neben einander stehende ische Röhren von 160 und nm Weite und 1.25 m nkellänge; Rostbreite für Reihe 310 mm.

istolenapparat[7]) (Fig. a und h Kastenabthei-n für den Eintritt des n Windes, welcher durch c und f auf-, durch d und e hinab in die Ab-ungen b und g steigt und aus diesen erhitzt in ein gemeinschaftliches Wind-gelangt. i Schlot. k Rost. (Schottland, Westfalen, Oberschlesien u. s. w.).

1) B. u. h. Ztg. 1870, S. 26, 180; 1873, S. 134, 203; 1875, S. 184 (Ekman). Gruner, Études s hauts-fourneaux 1870, Taf. 2. Engineering, 5. Apr. 1872. Gruner-Kupelwieser, c. l., . Wochenschrift d. Ver. deutsch. Ing. 1879, No. 6. Oest. Ztschr. 1879, S. 200. 2) Ztschr. r. deutsch. Ing., Bd. 18, Taf. 19. 3) B. u. h. Ztg. 1873, S. 209. 4) B. u. h. Ztg. 1872, . 5) Kerl, Met. 1, 648. Preuss. Ztschr. 14, 308. B. u. h. Ztg. 1868, S. 152; 1873, S. 202. rpely, Fortschr. 3, 72; 5, 92. 6) B. u. h. Ztg. 1861, S. 341. 7) B. u. h. Ztg. S. 46; 1862, S. 239; 1868, S. 152, 153, 358; 1869, S. 20. v. Kerpely, Fortschr. 5, 89.

Oberschlesien[1]): 52 Röhren à 4.47 m lang mit 239.3 qm Heizfläche, 14.23 cbm Windinhalt des Apparats, Inhalt des vom Feuer getroffenen Theiles 9.83 cbm, Weg des Windes im Apparate 21 m. Erhöhter Pistolenapparat bei Metz & Co. zu Esch in Luxemburg.

Gjers' Apparat (Fig. 295). *a* Windeintrittsrohr, welches den Wind in 2 horizontal neben einander hinlaufende Kastenreihen *b* vertheilt, auf denen die Röhren *d* stehen. *c* Scheidewände in den Kästen. Nachdem die Luft 6 Röhrenpaare passirt hat, gelangt dieselbe in die zweite parallele Abtheilung mit gleicher Röhrenzahl. Auf steierschen Hütten hat der Apparat keine lange Dauer gezeigt, lässt sich auch nicht so leicht putzen, wie ein Lothringer, und ist theurer.

Fig. 293.



Fig. 294.



Fig. 295.



In England dagegen ist der Gjers'sche Apparat mit Erfolg mit den Ziegelapparaten in Concurrenz getreten (Clarence, Ayresome Iron Works), vor denen er sich durch geringere Kosten und leichtere Behandlung auszeichnet und auch das Maximum der Kostenersparniss im Hohofen zulässt bei Hervorbringung von Windtemperaturen von über 600° und noch immer 400° Aussentemperatur. Müssen bestimmte Zwecke erreicht werden, wie die Erzielung eines sehr hohen pyrometrischen Effectes im Ofengestelle zur Reduction von Silicium und Mangan, so sind mehr Ziegelapparate am Platze; die Gjers'schen gestatten jedoch in Ayresome die Herstellung von Giessereiroheisen erster Qualität, gleich grobkörnig wie das schottische, nur im Ton etwas lichter. Die Apparate leiden auch weniger als die Ziegelapparate durch Flugstaub.

Zu Langbanshytte[2]) in Schweden ist der Gjers'sche Apparat mit Vortheil in Bezug auf Brennstoffökonomie dahin modificirt, dass die Verbrennungsgase nicht nach oben abziehen, sondern gezwungen werden, nachdem sie zum Gewölbe empor gestiegen sind, zum untersten Theil der Windleitung hinabzustreichen, von wo sie in einen Schornstein von genügender Höhe entweichen.

Auf manchen, namentlich französischen Hütten (Bessèges, Decazeville, Terrenoire u. s. w.) sind auf Kästen mit Scheidewänden gerade Röhren[3]) mit Scheidewänden aufgestellt, welche aber durch Temperaturveränderungen mehr leiden als gebogene.

Mill's Apparat[4]) hat sternförmig angeordnete Syphonröhren in einem gewölbten und mit Schlot versehenen Raum über der Hohofengicht.

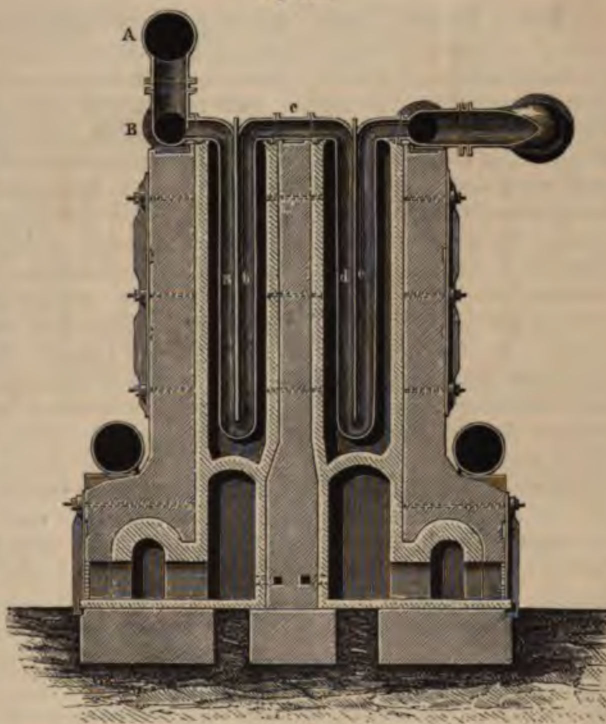
---

1) Preuss. Ztschr. 22, 273. 2) B. u. h. Ztg. 1875, S. 184. 3) Gruner-Kupelwieser, c. l., S. 530. 4) Engin. and Mining Journ. 1876, Vol. 22, No. 8.

Crossley's Winderhitzungsapparat[1]) besteht aus zwei Kammern über einander, deren jede ein System von Schlangenröhren enthält. Der kalte Wind passirt zunächst das obere, dann das untere System, während Hohofengichtgase zuerst in die untere Kammer, dann durch eine Anzahl Schlitze im Gewölbe in die obere Kammer treten.

3) Hängende Apparate. Dieselben, nach Percy von Levick in Südwales zuerst (1859) ausgeführt, können sich im Vergleich mit den schottischen gleichmässiger ausdehnen und gestatten, aber nur bei hinreichender Röhrenhöhe, eine gute Wärmeausnutzung bei bequemem Auswechseln schadhafter Theile während des Betriebes. Der Wind muss aber scharfe Biegungen machen, die unteren Knierohre leiden durch die Stichflamme sehr, entstandene Risse erweitern sich schnell und der Apparat eignet sich gar nicht für höhere Temperaturen, z. B. über 400°. Hängende Apparate

Fig. 296.



Schlesischer Apparat[2]) (Fig. 296). *A* Hauptwindleitungsrohr, in das Vertheilungsrohr *B* mündend, aus welchem der Wind in den Zwillingsröhren *a*, *b* und *d*, *e* mittelst des Verbindungsstückes *c* circulirt, dann wieder in ein Hauptrohr gelangt. Weite der ersten Röhre 189, der vierten Röhre 248 mm. Anzahl der Röhren 36 à 4.4 m hoch mit 186.3 qm feuerberührter Fläche, Windinhalt des Apparates 8.95 cbm, Inhalt des vom Feuer getroffenen Theiles 6.195 cbm, Weg des Windes 18.2 m, Windtemperatur 437°. Aehnliche Apparate zur Georg Marienhütte (Verbesserungen: Verbindung der Röhren nicht durch Flanschen, sondern durch Muffen; jedes Rohr hängt für sich an einem über das Mauerwerk gelegten Kasten; unterhalb der Muffe ist der Apparat mit gusseisernen Platten abgedeckt, welche lose auf den an die Rohre angegossenen Muffen liegen; der Kasten selbst ist mit Blechplatten abgedeckt. Es liegen also die Muffen ausserhalb des Feuers, der Kasten wird nicht beschädigt, die zwischen den beiden Abdeckungen befindliche Luftschicht vermindert die Wärmestrahlung und durch Lösen der Muffe kann Beispiele.

1) Grothe's polyt. Ztschr. 1876, No. 29 30. Preuss. Ztschr. 22, 273 (Gleiwitz).

2) B. u. h. Ztg. 1869, S. 20, 146, 147.

leicht ein gesprungenes Rohr ausgewechselt werden), auf Heinrichshütte und Kreuzthal im Siegenschen.[1]) Neuerdings ist der Hängeröhrenapparat von Weimer[2]) auf North Jersey Iron Co.Works in Pennsylvanien ausgeführt.

Eine Vergleichung dieses Apparates[3]) zu Königshütte mit anderen Vorrichtungen hinsichtlich des Nutzeffectes — nach der Zeitdauer, während welcher eine gleiche Erhitzung stattfand, normirt — ergab folgende Resultate: Hosenröhrenapparat (No. 1) am ungünstigsten, am günstigsten Hängeröhrenapparat (No. 2) mit 36 Röhren, dann doppelter Pistolenapparat mit 52 Röhren (No. 3), dann einfacher Pistolenapparat mit 32 Röhren (No. 4), dann westfälischer Apparat mit 39 elliptischen Röhren (No. 5) und neuer doppelter Pistolenapparat mit 52 Röhren (No. 6); Reihenfolge hinsichtlich der Dauer No. 2, 6, 4, 3, 1, 5.

Regeneratorapparate.

104. Ziegel- oder Regeneratorwindapparate.[4]) Zur Erzielung höherer Temperaturen (über 550° C.) und vollständigerer Wärmeausnützung als in eisernen Röhren (die verbrannten Gase aus Röhrenapparaten entweichen mit mindestens 500—600, die aus dem Whitwellapparate mit etwa 200°) überträgt man die Wärme von verbrennendem festen oder gasförmigen Brennmateriale auf feuerfestes Mauerwerk nach dem Siemens'schen Princip (S. 191) und lässt dann durch das glühende Material die Luft behuf der Erwärmung streichen. Es müssen zwei Regeneratoren vorhanden sein, welche abwechselnd geheizt und von der Luft durchstrichen werden (Wechsel alle 1—2 Stunden bei Temperaturschwankungen in der Lufterhitzung zwischen 20 und 50°). Cowper[5]) hat 1860 in Cleveland einen Apparat construirt, in welchem durch einen Centralcanal im Regenerator die Feuergase aufsteigen, dann nach unten durch ein Gittermauerwerk sich verbreiten, bis die Steine heiss geworden, und hierauf in den zweiten Apparat abgestellt werden, während durch den ersten von unten nach oben die kalte Luft zieht. Fünf Jahre später construirte Whitwell[6]) einen Apparat mit gemauerten verticalen Canälen, nach der Schlangenlinie mit einander verbunden und abwechselnd von Feuergasen und kalter Luft durchstrichen. Aehnlich wie bei dem Calder'schen und Wasseralfinger System bildet der Cowper'sche Apparat eine grosse Anzahl enger und verhältnissmässig kurzer Züge, der Whitwell'sche einen langen schlangenförmigen Canal.

Vergleichung der verschiedenen Apparate.

Trotz der grösseren spec. Wärme des Thones, als des Eisens, welche den Effect erhöht, muss man nach Gruner, um in der kurzen Wechselzeit von 1—2 Stunden den Wind nahezu auf dieselbe Temperatur zu bringen, wie den Thon, diesem eine grössere Oberfläche geben (bei Cowper 18—20 qm auf 1 cbm Luft pro Minute, bei Whitwell 7—8 qm, bei Röhrenapparaten 1—5 qm), so wie dem Winde, wegen minderer Wärmeleitungsfähigkeit des Thones, eine geringere Geschwindigkeit (resp. 0.15—0.20 und 1.5—2 m), welcher Unterschied durch verschiedene Längen der durchlaufenden Räume ausgeglichen wird (resp. 8—16 gegen

1) Kärnthn. Ztschr. 1872, S. 31. 2) Dingl. 223, 562. Berggeist 1876, No. 82. 3) B. u. h. Ztg. 1869, S. 147. Preuss. Ztschr. 22, 274. 4) B. u. h. Ztg. 1873, S. 210 (Gruner); 1878, S. 77. Oest. Ztschr. 1861, No. 13; 1872, S. 355; 1879, S. 200. Chenot, sur le chauffage à haute température de l'air comprimé etc. Paris, Lacroix 1873. Kärnthn. Ztschr. 1871, No. 4. Percy, Metallurgy, Iron, p. 674. Gruner-Kupelwieser, c. l., S. 395. Hartman in Dingl. 229, 455. Iron, 1878, Vol. XI, No. 281. 5) B. u. h. Ztg. 1860, S. 428, 482; 1871, S. 132; 1872, S. 440; 1873, S. 134, 210. Oest. Ztschr. 1872, S. 355. Dingl. 158, 200, Taf. 3. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1876, S. 643. Berggeist 1878, No. 50. 6) B. u. h. Ztg. 1870, S. 418, 436; 1872, S. 441; 1873, S. 9, 134, 221; 1874, S. 233. Oest. Jahrb. 20, 284, 287. Oestr. Ztschr. 1872, S. 355. Berggeist 1869, No. 93. v. Kerpely, Ausst.-Ber., S. 43 (Abbild.). Graphische Darstellung der Erfolge: Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 18, 187. Gruner, Études etc., Taf. 4. Åkerman-Tunner, Studien, S. 65. Engin. and Min. Journ. 1876, Vol. 22, No. 18. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1875, Taf. 17 (genaueste Zeichn.). Bullet. de la soc. de l'industr. minér., livr. 2 de 1876.

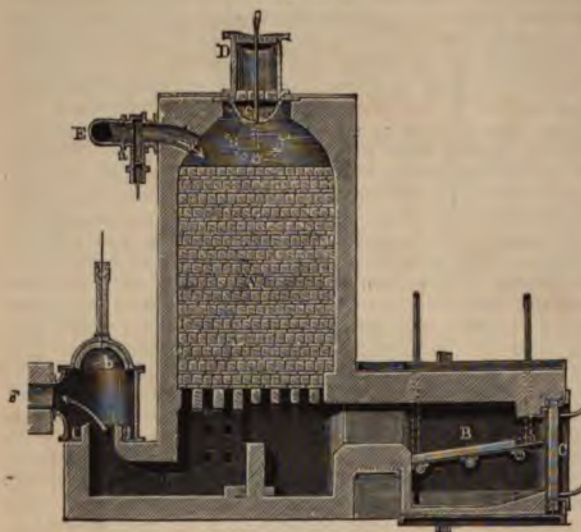
60 m). Während das Gewicht der Steine pro cbm in der Minute zu erwärmender Luft 3000 kg ist, so beträgt dasselbe bei Röhrenapparaten nur 300—1000 kg. Obgleich die Erwärmung wegen grösserer Heizfläche und der Druckverlust beim Cowperapparate sich günstiger stellen, so zieht man doch den Whitwellapparat meist vor wegen sehr zweckmässiger Ausnutzung der Hohofengase und Erzielung einer Temperatur von 700° C. und mehr, grösserer Solidität und leichterer Zugänglichkeit behuf der Reinigung, welche ohne längeren Aufenthalt erfolgen kann und keinen dritten Hilfsregenerator, wie bei ersterem Apparat, erforderlich macht. Es setzen sich in den Cowper'schen Apparaten nicht blos mehr Flugstaub ab, sondern hauptsächlich glasartige Gebilde, welche die Reinigung sehr erschweren.[1]) Der Druckverlust in eisernen Apparaten ist an 4mal so gross (0.01—0.02 m Quecksilbersäule), als der im Whitwellapparate (0.005 m). Bei dem langen Wege von 60 m und der mittleren Geschwindigkeit des Windes von 1.60 m erfordert der Whitwellapparat einen schärferen Zug, somit einen höheren Schornstein zur Erhitzung durch die Feuergase (bei Anwendung horizontaler Züge wahrscheinlich zu verbessern). Die Anlagekosten beider Apparate sind nahezu gleich. Das passendste Brennmaterial liefern von Flugstaub gereinigte Gichtgase[2]), noch besser sind die allerdings theureren Generatorgase[3]) wegen gleichmässigerer Qualität und geringeren Gehaltes an Flugstaub (namentlich bei fehlendem Zinkrauch), welcher, besonders von Cokeshohöfen, die feuerfesten Ziegel stark angreift. Cowper'sche Apparate werden bei Steinkohlenfeuerung durch Theer und bei Gichtgasen durch Flugstaub leichter verstopft als Whitwell'sche und lassen sich, wie bemerkt, schwieriger reinigen. Der Uebelstand, dass bei stärkerem Gasverbrauch durch äussere Abkühlung im Whitwellapparate ein nicht unerheblicher Temperaturverlust des erhitzten Windes entsteht (bei 600° heissem Winde z. B. an 18 Proc.), lässt sich nach Gmelin[4]) dadurch bedeutend vermindern, dass man das Mantelgemäuer verstärkt und eine lockere Füllung darin anbringt. — Wenngleich dem Principe nach die vollkommensten der bis jetzt bekannten Winderhitzungsapparate, so sind dieselben doch erst eine verhältnissmässig so kurze Zeit (etwa 9 Jahre) in Anwendung und in den einzelnen Theilen noch nicht so vollständig ausgebildet, dass dieselben sich unter allen Umständen empfehlen, weshalb man auf mehreren neueren Werken die eisernen Apparate lieber verbessert hat, welche auch in vielen Fällen hinreichende Temperaturen von 400—600° C. liefern können (z. B. veränderte Clarenceapparate zu Dommeldingen in Luxemburg und zu Unterwellenborn in Thüringen[5]). Als Uebelstände der Whitwellapparate sind zu bezeichnen: die Schwierigkeit des dichten Schlusses der Ventile beim Temperaturwechsel, die hohen Anlagekosten, welche sich bei 4 Apparaten für einen Hohofen an 168,000 M. belaufen, das Erforderniss von noch besonderen Heizapparaten oder Generatoren, um dem nachtheiligen Einflusse der Verminderung der Windtemperatur bei eintretendem Rohgange entgegen zu wirken und, wie beim Cowperapparate, die Nichtverwendbarkeit einer directen Feuerung mit festen Brennstoffen, welche aber Lévêque in seinem Whitwellapparate neuerdings ermöglicht hat. Die im Siegerlande[6]) wahrgenommenen Uebelstände (Unregelmässigkeiten im Betriebe, nicht hinreichend hohe Winderhitzung und dementsprechend nicht genügende Production) sind dadurch beseitigt, dass man den Schornstein auf den Apparaten wesentlich erhöht hat, in Folge dessen bei dem schärferen Zuge die Gase im Apparate vollständiger verbrennen. Für Oesterreich[7]) stellen sich die Röhrenapparate um 25—30 Proc. billiger als Whitwell'sche, da für einen Hohofen mit 189 cbm effectiver Windmenge 4 Whitwellapparate nicht unter 120,000 M., wohl aber 3 Röhrenapparate mit 539.5 qm. Heizfläche für 72,000—80,000 M. sich bauen lassen.

Cowper's Apparat (Fig. 297). *A* gemauerter Regenerator mit in Zwischenräumen regelmässig aufgeschichteten feuerfesten Steinen gefüllt, welche durch die vom Roste *B* ausgehende Flamme glühend gemacht werden. Während die Feuergase durch die Esse *D* ausziehen, sind der Schieber *a* und das Glockenventil *b* geschlossen, das Ventil *c* in der Esse ist offen. Sobald die Steine glühend geworden, unterlässt man das Feuern, schliesst die Thür *C* hermetisch, desgleichen Beispiele.

1) Wochenschr. des Ver. deutsch. Ing. 1878, No. 7. 2) Berggeist 1869, No. 93. 3) v. Kerpely, Fortschr. 2, 88. Kärnthn. Ztschr. 1874, S. 169. 4) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 18, 99. 5) Oest. Ztschr. 1879, S. 200. 6) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 21, 38. 7) Kärnthn. Ztschr. 1874, S. 169; 1875, No. 13.

die Essenklappe *c*, öffnet dagegen den Schieber *a* und das Ventil *b* und lässt durch das Rohr *E* kalte Gebläseluft eintreten. Beim Durchstreichen der Steine erhitzt sich dieselbe und zieht durch *f* ab nach dem Ofen. Während dieser Zeit wird ein zweiter Apparat in gleicher Weise befeuert, bis die Steine im ersten erkaltet sind, worauf durch passende Ventilstellung die kalte Gebläseluft durch den zweiten Apparat dirigirt wird. Zweckmässiger, als directe Feuerung, wendet man reine Gicht- oder Generatorgase an.

Fig. 297.



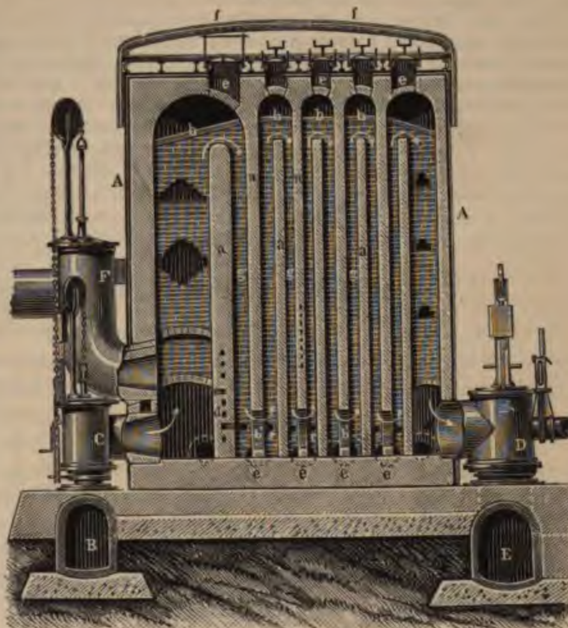
Der Cowperapparat steht u. A. in Anwendung zu Terrenoire und Creusot in Frankreich, in Belgien, zu Mezières bei Metz, auf der Dortmunder Hütte. Zu Terrenoire verbraucht man bei Anwendung dieses Apparates auf 1000 kg Roheisen 950 kg Cokes und 1770 kg Erze bei 600 bis 700° C. Windtpr. und 51,500 kg Tagesproduction, bei einem Pistolenapparate resp. 1460 und 1730 kg Cokes mit 37,700 kg Tagesproduction. Der Cowperapparat ist von Siemens und Cochrane[1]) verbessert; nach des Letzteren Versuchen erforderte 1 Tonne Eisen bei 480° Windtemperatur 25,5, bei 590° C. 22,5, bei 700° C. 20⁷/₈ und bei 800° C. 20 Ctr. Cokes.

Whitwell's Apparat (Fig. 298). *A* mit feuerfesten Steinen ausgefütterter Blechcylinder. *a* Scheidewände mit abwechselnden Oeffnungen *b b'* oben und unten zur Communication der stehenden Canäle. *B* Canal, aus welchem gut gereinigte Hohofengase in den Ventilkasten *C* und daraus in den Cylinder gelangen, dessen Canäle durchstreichen und durch den Ventilkasten *D* zu dem nach der Esse führenden Canale *E* ziehen. Nach hinreichender Erhitzung des Cylinderinnern stellt man die Ventile in *C* und *D* so, dass sie die Canäle *B* und *E* schliessen, und leitet dann die Hohofengase in einen zweiten dergleichen Cylinder, dagegen aber den kalten Wind durch *D* in den ersten erhitzten Apparat und daraus auf 600—800° erhitzt durch den Ventilkasten *F* in den Ofen. *d* Luftzuführungsöffnungen. *r* Späheöffnungen. *e* nach aussen mündende verschliessbare Reinigungscanäle. *f* Blechkuppel. Die Ventile in den Gaszuführungscanälen und in den Leitungen werden durch Wasser kühl und dadurch dicht erhalten. — Ausser in England haben die Whitwellapparate Anwendung gefunden in Lothringen (Lothringer Eisenwerke zu Ars), in Luxemburg (Hayange, Esch), auf dem Friedauwerke in Steiermark, in Rheinland-Westfalen (Johannishütte bei Duisburg, Hörder Hütte, Gutehoffnungshütte bei Sterkerade, Dressler in Siegen, Bergwerksgesellschaft Germania bei Deutz), auf der Grusonschen Schwarzenberger Hütte u. a. Auf englischen Werken erzielt man mit den Apparaten sehr constante hohe Temperaturen, indem man die Gase ungewaschen, also möglichst heiss, in die Winderhitzer führt. Auf den Lothringschen Werken zu Ars sur Moselle giebt man in dem 15 m hohen, 4.8 m im Kohlensack, 4.03 m an der Gicht und 1.4 m im Herde weiten 4förmigen Hohofen Gichten von 4400 kg Minette, 720 kg Kalk und 1900 kg Cokes auf, und braucht bei 32 Proc. Ausbringen auf 1000 kg Roheisen 1350 kg Saarbrücker Cokes bei Wind

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 78.

100° C. — Zu Hayange gehen auf 1000 kg Roheisen bei 600—700° Wind-
ratur 1100 kg Cokes. Mit derselben Menge Brennstoff, mit welcher früher
seisen erfolgte, erzeugt man jetzt bei Whitwellapparaten Graueisen. — Zu
[1]) in Luxemburg (bei Metz & Co.) vermeidet man eine zu hohe Wind-
ratur wegen Re-
on von zu viel
hor aus der Mi-
und wendet einen,
von 350° C. lie-
en stehenden Röh-
parat an, während
nem benachbarten
e (Brasseur &
Whitwellappa-
orhanden sind, die
560° Temperatur
ine Ersparung von
250 kg Cokes auf
gRoheisen geben;
iger Ofen 20 m
Gicht 4 m, Kohlen-
7 m, Herd 2.15 m
450 cbm Wind
Minute, Charge
kg Minette und
kg Cokes, 19—21
en in 12 Stunden,
ringen 30—31.5
, Production bis
00 kg in 24 Stun-
auf 1000 Roheisen
-1100 Cokes. Auf
nglischen Consett-
n ist die grösste
ction 85—90,000
950—969 kgCokes
000 kg Roheisen.

Fig. 238.



Verbesserungen.

Neuere Verbesserungen des Apparates sollen durch Thei-
des Windes in mehrere Ströme die Verminderung der Reibung
Gase und des Windes, ferner eine bequemere Reinigung, eine
sere Heizfläche, eine Vorwärmung und bessere Vertheilung der
zur Verbrennung der Gase u. A. bezwecken und sind dafür
nde Constructionen angegeben:

Lévêque[2]) kuppelte auf der Hütte der Compagnie von L'Horme bei Pouzin
1873) zwei Apparate, Cylinder aus Eisenblech, deren jeder durch verticale
dewände in 5 Abtheilungen getheilt. Die centrale und die benachbarten Ab-
ngen sind mit gitterförmig zusammengestellten Steinen gefüllt, während die
n weiteren äusseren leeren Abtheilungen durch mit Löchern versehene Scheide-
rn getheilt sind. Die brennbaren Gase treten durch zwei horizontale Canäle
undamente ein und durch kurze Quercanäle in einen im Fundamente befind-
n Schachtraum und werden durch Verbrennungswind verbrannt, welcher durch
gleiches Canalsystem oberhalb der Gascanäle zugeführt wird. Die Flamme
zunächst durch die äusseren leeren Abtheilungen empor, steigt in den daneben
nden mit Steingittern herab und im centralen Canale mit Steingittern wieder
r, um den Apparat dann zu verlassen. Nach umgestellten Ventilen nimmt der
den entgegengesetzten Weg. Durch diese Theilung der Gasströme ist der

1) B. u. h. Ztg. 1874, S. 294. 2) Bulletin de la société de l'industr. minérale 1877,
VI, livr. 4, p. 761. B. u. h. Ztg. 1878, S. 195.

Reibungsverlust ein geringerer und es bedarf nur schwacher Pressung des Windes und keiner so scharf ziehenden Esse, Staub setzt sich hauptsächlich in den weiteren äusseren Canälen ab und diese lassen sich durch passend angebrachte Oeffnungen leicht reinigen. Jeder Apparat ist auch mit zwei Reservefeuerungen mit directer Heizung versehen. — In ganz ähnlicher Weise lässt Whitwell[1]) in seinen neuesten Apparaten zur Verminderung der Reibung die Gase durch eine grosse Kammer an der einen Wand aufsteigen und dann zugleich in 5 Kammern herabgehen, worauf sie sich wieder in einer untern Kammer sammeln, den Weg nach oben nehmen und in mehreren Kammern nach unten dem Ausgange zu fallen. Durch diese Vereinfachung der Züge lassen sich den Apparaten bei derselben Grundfläche grössere Höhen, also grössere Heizflächen geben. Um letztere noch zu vermehren, verbindet Goedecke[2]) in dem Apparate das Längswandsystem mit einem Querwandsystem, durch die Anordnung von Kammern im unteren Theile des Apparates kann ein Mann bequem arbeiten und eine exacte Reinigung ausführen, durch Anbringung von Reinigungsöffnungen auf beiden Seiten des Apparates wird ein gutes und schnelles Reinigen mit kürzerem Gezäh ermöglicht und die oberen Reinigungsöffnungen im Deckel fallen weg. Auch reinigt man die Whitwells durch Abblasen. Neuerdings zieht man bei Temperaturen bis 600° C. eiserne Röhrenapparate vor.[3])

IV. Windleitungen, Düsen, Formen.

Wichtige Momente.

105. Windleitungen. Selten entlässt das Gebläse den Wind unmittelbar durch die Düse in den Ofen (lederne und hölzerne Bälge); meist bedarf es mehr oder weniger langer Leitungsröhren, in Betreff deren besonders nachstehende Punkte zu berücksichtigen sind:

Weite.

1) Röhrenweite. Diese hat wesentlichen Einfluss auf die Reibungswiderstände, die Pressung und die Menge der in einer gewissen Zeit dem Ofen zugeführten Gebläseluft. Der Verlust an Pressung ist im Wesentlichen der Länge und dem Umfange der Röhre proportional, dem Querschnitte derselben umgekehrt proportional und wächst im Quadrate der Geschwindigkeit. Krümmungen und namentlich scharfe Biegungen erhöhen den Reibungsverlust.

Beispiele.

Nach Rittinger und Redtenbacher soll für kalten Wind der Querschnitt der Windleitung bei doppeltwirkenden Cylindern $^1/_{20}$, bei einfach wirkenden Kasten $^1/_{10}$ der Kolbenfläche betragen; bei heissem Winde ist der Theil der zwischen Winderhitzungsapparat und Ofen liegenden Windleitung noch um $1 + 0.00367\, t$ (t = Temperatur des Windes) zu erweitern. Nach Scheerer ist

$$D = 1.131 \sqrt{\frac{Q}{v}},$$

worin D Windleitungsweite, Q Menge des durchzuführenden Windes und v Geschwindigkeit desselben (bei kurzen Leitungen und grösseren Mengen v = 22 m, bei langen Leitungen und schwachen Pressungen v = 10.8 m). Hauptröhren gewöhnlich 392—523 mm weit mit 6.5—8.7 mm und 8.7—17.4 mm Wandstärke, je nachdem sie gerade oder krumm; längere Nebenleitungen 261—314 mm, kürzere 157—209 mm weit; Hauptröhren mit 12—16fachem Querschnitt von dem der Düsen. Behuf Ersparung der Regulatoren kommen Windleitungen bis zu 2.5 m Durchmesser vor (S. 344).

Röhrenmaterial.

2) Röhrenmaterial. Dasselbe besteht meist aus Gusseisen, bei grösseren Weiten (z. B. 1.05 m in Königshütte und vielfach in England) aus zusammengenietetem gefirnissten oder getheerten Eisenblech oder aus Cementröhren[4]), wo dann die Windleitung häufig gleichzeitig als Regulator dient. Seltener kommen und dann nur für geringere Windpressungen gemauerte, mit Cement über-

---

1) Deutsches Patent No. 327 (1877). Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1879, No. 7.
2) Deutsches Patent No. 952 (1877). 3) Oest. Ztschr. 1879, S. 200. 4) B. u. h. Ztg. 1873, S. 34.

kleidete Canäle (früher in Pribram), hölzerne ausgepichte Lutten mit ledernen Biegungstheilen und selbst Röhren aus asphaltirtem Papier [1]) in Anwendung.

Zum Schutze gegen das Rosten überzieht man eiserne Röhren u. s. w. sehr wirksam mit Eisenmennig [2]), einer Composition von Eisenoxyd, 25 Proc. Thon und gekochtem Leinöl, billiger und dauerhafter als Bleimennig; desgleichen auch mit Zinkgrau [3]) und gekochtem Leinöl. — Behuf Zusammenhaltens der Wärme legt man die Windleitungsröhren in einen mit schlechten Wärmeleitern (Sand, Kieselguhr [4]), Schlackenwolle [5]), Schutt, Kohle, Thon, Mauerung, Luft) versehenen Raum (Holzverschalung, Blechmantel) oder giebt denselben einen wärmehaltenden Ueberzug (Lehm mit Stroh oder Werg; 30 Holzkohle, 30 fetter und 25 feuerfester Thon, 3 Kuhhaare, 7 Roggenmehl, 3 gekochtes Leinöl bei 2—3 cm dickem Ueberzuge; zu Gleiwitz: 50 Proc. zu Staub zerfallene kalkreiche Hohofenschlacke, 50 Proc. fetter Thon und Kälberhaare von 65 mm Dicke, Beschlag mit Holzleisten, darüber Gemenge von 1 Thon, 1 Chamotte, 1 Kalk, 1 Sand und Kuhhaare, darüber dünne Cementschicht; Alles 470 mm dick).

3) Röhrenverbindung. Die 0.94—1.88 m und mehr langen Röhrenstücke werden mittelst in einander passender und dann zu verkittender oder mit Holz zu verkeilender Muffen verbunden oder meist mit Flanschen versehen und diese unter Zwischenlegung eines Dichtungsmittels (bei kalter Luft mit Fett getränkter Filz oder Flanell, Zinkgrau mit Leinöl gekocht, Bleiring; bei heisser Luft Kupferdraht oder Eisenkitt) zusammengeschroben. Muffenverbindung ist zwar billiger und leichter zu dichten, als Flanschenverbindung, letztere gestattet aber leichter das namentlich bei heissem Winde öfters erforderliche Auswechseln einzelner Röhren. Röhrenverbindung.

Bei kalter Gebläseluft: Aetzkalk, Ziegelmehl und frischer Käse; Harzkitt, Oelkitt oder Schwefel; 6 Graphit, 3 Aetzkalk, 8 Schwerspath, 3 gekochtes Leinöl. Für heisse Luft: inniges Gemenge von 30—60 Thln. möglichst feiner Eisenfeile, 1 Salmiak, 1 Schwefel; 15 Eisenfeile, 5 Lehm, 1 Kochsalz und Essig; 2 Gewichtstheile Eisendrehspäne, 1 Thl. Thon mit 50—60 Thln. Kieselsäure und Essig, z. B. zum Verbinden der Röhrentheile im Innern der Winderhitzungsapparate. Schwefelhaltige Kitte können schädliches Schwefelwasserstoffgas [7]) entwickeln. Westfälischer Kitt für Röhren in Winderhitzungsapparaten, bestehend aus 50 kg Gusseisenbohrspänen, 2.5 kg Kochsalz, 25 kg Thon und 5 l Essig, hält Temperaturen von 600—700° aus. Die Krümmlinge werden mit einem schlechten Wärmeleiter aus 120 Kalk, 35 Steinkohlen, 250 Thon, 300 Flugasche, 600 Wasser, 10 Schwefelsäure und 15 Haaren umgeben. Röhrenkitte.[6])

Damit sich die Röhren bei Temperaturwechseln verschieben können, ohne undicht zu werden, schaltet man Compensationen ein, entweder in Gestalt einer Stopfbüchse an dem erweiterten Ende eines Rohres, in welche sich das glattabgedrehte Ende der folgenden Röhre einschiebt (Muffencompensation), oder man fügt zwischen den Flanschen zweier Röhren einen ausgebauchten tellerartigen Körper ein, wodurch sie elastisch werden; auch schaltet man in die Leitung wohl ein U förmig gebogenes kupfernes, vor dem Biegen mit Colophonium gefülltes oder schmiedeeisernes Rohr ein. [8]) Compensationen.

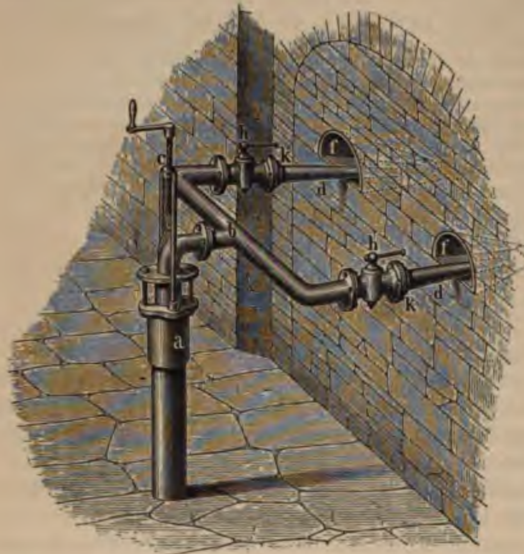
Zum Einblasen von festen Substanzen durch die Form (S. 239) bringt man auf dem horizontalen Stück des Knierohrs Dreh- oder Wechselladen an in Gestalt von in einem Gehäuse rotirenden Riffelwalzen, Wechselladen.

---

1) Oest. Ztschr. 1865, S. 134. 2) B. u. h. Ztg. 1867, S. 88. 3) Dingl. 168, 314. 4) B. u. h. Ztg. 1873, S. 192. 5) Ebend. 1873, S. 371, 407. 6) Kerl, Met. 1, 654. B. u. h. Ztg. 1862, S. 50, 327; 1867, S. 88, 208; 1870, S. 348, 355. 7) Berggeist 1861, S. 22. 8) v. Kerpely, Eisenh. Ungarns, S. 162.

deren Vertiefungen durch einen Schlitz oben im Gehäuse mit der Substanz (Kohlenstaub, Graphit, Kochsalz u. s. w.) gefüllt werden und beim Umdrehen ihren Inhalt durch eine Oeffnung im Windleitungsrohre in dasselbe entleeren.

Fig. 299.



Windvertheilung.

4) Windvertheilung. Sind von dem meist unter der Hüttensohle liegenden Hauptwindleitungsrohre mehrere Oefen mit Wind zu versehen, so führt man dasselbe

a) bei Oefen, deren Formen in der Hinterwand liegen, hinter den Oefen her und errichtet darauf an den betreffenden Stellen verticale Düsenständer[1]) (Windständer, Düsenstöcke oder Windstöcke) *a* (Fig. 299), in welchen sich behuf Regulirung der Windmenge meist ein horizontaler Schieber, am besten mit Reibervorrichtung[2]) oder ein Kegelventil befindet; Drosselklappen *c* (Fig. 301) und Hähne schliessen weniger gut. Zur Ableitung des Windes aus dem Ständer in die Düse befindet sich daran ein knieförmiger fester Ansatz oder (z. B. in Freiberg) ein mittelst Schraube *c* (Fig. 299) auf- und niederzustellendes zweiarmiges Kniestück *b*, mit je einer Nuss *k* an den Armen zur Aufnahme und Beweglichkeit der Düse *d* versehen. Durch Hähne *h* lässt sich jeder Düse die erforderliche Windmenge geben. Man kann auch direct vom Windständer die beiden Düsenarme an entgegengesetzten Seiten abgehen lassen und jeder Düse durch einen zweitheiligen Kolben im Ständer den erforderlichen Wind zutheilen. Eine sehr einfache Windregulirung besteht darin, dass man das Düsenrohr durch einen horizontalen Rohransatz an dem von oben herabkommenden Windrohre schiebt. Das Düsenrohr hat am hintern Ende oberhalb eine mit dem Windrohre communicirende Oeffnung. Durch Drehen des Düsenrohrs mittelst daran angebrachter Handhaben, so dass die Oeffnung mehr oder weniger nach unten in den horizontalen Rohrstutzen kommt, lässt sich dieselbe mehr oder weniger verschliessen (Mansfeld, Oberharz, Schemnitz[3]). Durch Fehllutten kann man überschüssigen Wind entweichen lassen. Am Knierohre in der Axe des horizontalen Theiles befindet sich eine

1) Amerikan. Düsenstock in Dingl. 230, 123. 2) B. u. h. Ztg. 1861, S. 341. 3) Oest. Ztschr. 1879, No. 1 (mit Abbildg.).

kleine durch einen Schieber, Eisenpfropfen, eine Glas- oder Glimmerscheibe in einem Schieber geschlossene Oeffnung (*m* in Fig. 301) zum Beobachten des Innern von Düse und Form, zum Formräumen, zum Einbringen des Manometers und Pyrometers u. s. w.

b) Bei Oefen mit mehreren Formen an verschiedenen Wänden führt man vom Hauptwindleitungsrohr ein Zweigrohr entweder unter der Hüttensohle herum (Fig. 300) und lässt von diesem aus durch Windständer und Düse den Wind in die Formen gelangen oder man legt das Rohr oberhalb der Formgewölbe an und lässt von erseren Zweigröhren zu den Düsen herabgehen, um freieren Raum vor den Formgewölben zu erhalten (Fig. 176, 301) und ein tieferes Eindringen von Schlacke bei plötzlicher Windabstellung zu verhüten.

Fig. 300.



106. Düsen (Deupen, Deuten). Die Düse, das Ende der Windleitungsröhre, hat gewöhnlich eine conische Gestalt, welche sich in Bezug auf die Reibung der Luft und deren Geschwindigkeit am besten bewährt hat.[1] [Gestalt.] Dabei ist der Ausflusscoëfficient am grössten und die Grösse der Ausflussöffnung am genauesten zu reguliren. Während der Ausflusscoëfficient bei cylindrischer Düse 0.74, ist derselbe bei conischen Düsen dann am grössten, = 0.86, wenn dieselben 6° Seitenneigung haben und 5mal so lang als im Mittel weit sind. Die Weite der Düsen (26—132, häufig 50—80 mm) ist von wesentlichem Einfluss auf die Windpressung und die Menge des in den Ofen gelangenden Windes, also ein wichtiger Factor bei Windmessungen. [Weite.]

Zuweilen haben die Düsen und dem entsprechend die Formen an ein und demselben Eisenhohofen verschiedene Weiten, z. B. ist zu Phönixhütte die hintere Form enger, also die Pressung stärker, als bei den Seitenformen, um den Wind besser in die Mitte zu bringen; auch strömt wohl aus einer Düse kalter Wind, aus den andern heisser aus, um weniger graues Eisen zu erzeugen. Am Fridau'schen Hohofen zu Vordernberg haben eine Düse 26, zwei 58 und eine 60 mm Weite.

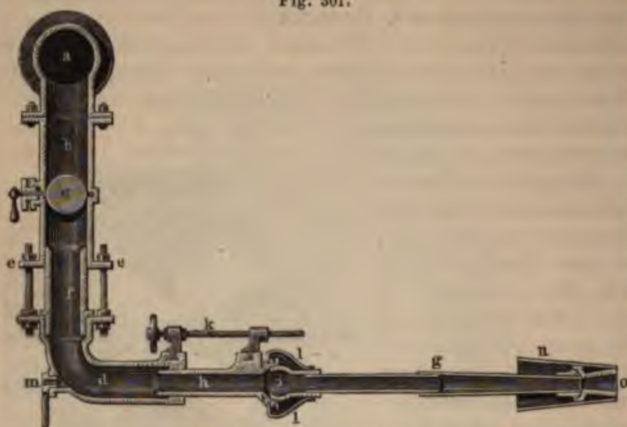
Die Düse besteht meist aus Gusseisen, seltener aus einer auf die Mündung des Ständeransatzes getriebenen Eisenblechtute (England)[2].

Um die Richtung des Windstromes ändern zu können, macht man [Beweglichkeit.] die Düsen beweglich und zwar bei kaltem Winde durch Einschaltung eines Kautschuk- oder Lederschlauches *h* (Fig. 300) zwischen Düse und Windstockarm oder durch einen besondern Mechanismus mit Kugelgelenk *i* (Fig. 301) oder Nuss *k* (Fig. 299); für heissen Wind durch Kugelgelenk- und Zahnstangen-Bewegung (Königshütte[3]), Rhonitz[4]) u. s. w.) bei teleskopartiger Verschiebbarkeit des Knierohres in verticaler und horizontaler Richtung (Fig. 301). Zuweilen befindet sich auf dem Knierohre ein Sicherheitsventil.

1) Kerl, Met. 1, 657. 2) Preuss. Ztschr. 14, 304. 3) B. u. h. Ztg. 1861, S. 341. 4) Rittinger, Erfahr. 1863, S. 13. B. u. h. Ztg. 1866, S. 138. v. Kerpely, Eisenh. Ungarns, S. 186.

Beispiel. **Düse zu Rhonitz** (Fig. 301). *a* Windleitungsrohr. *b* Zweigrohr mit Drosselklappe *c*. *d* Knierohr mittelst Schraubenmuttern *e* zu heben und zu senken und mit dem abgedrehten in *b* hineinragenden Einsatzstücke *f* zur Dichtung versehen. *g* Düse mit dem Rohr *h* durch ein Kugelgelenk *i* verbunden und mit Zahnstange *k* zum Hin- und Herschieben versehen. *l* Federn an der Düse zu deren Feststellung in Vertiefungen des Randes von *h*. *m* Spähöffnung mit Glimmer- oder Glasdeckel. *n* Form. *o* Einsatz. Noch einfachere Düsenstöcke in England[1]) haben zwischen *b* und *f* ein Kugelgelenk. — Die Düsenvorrichtung von Dornbusch[2]) gestattet selbst bei Windtemperaturen von 600° leichte Beweglichkeit und luftdichten Verschluss in allen Theilen und mittelst passender Kugelgelenke lässt sich die Düse bequem seitlich und rückwärts bewegen.

Fig. 301.



Zuweilen enthalten die Düsen eine **Vorrichtung zur Einführung fester Substanzen**, z. B. **Kohlenstaub**, in den Ofen[3]) (S. 361).

Explosionen in der Windleitung. Beim oder nach dem Abstellen des Gebläses, z. B. behuf des Abstiches, treten zuweilen aus dem Schmelzraume der Schachtöfen durch die Düse an Kohlenoxydgas reiche Gase in die Windleitungsröhre in Folge stattgehabter Luftverdünnung (z. B. durch Abkühlung der heissen Luft) ein, entzünden sich dann fast immer im Winderhitzungsapparate (selten findet die Entzündung durch Rückschlag beim Wiederanlassen des Gebläses statt) und es entstehen oft starke **Explosionen**[4]), welche Windleitungsrohre, Regulator u. s. w. zertrümmern können. Als Mittel gegen solche Gefahr wendet man an: das Herausziehen der Düsen aus den Formen beim Abstellen des Gebläses, selbstthätigen Verschluss[5]) der Düsen durch Ventile in denselben beim Stillstand des Gebläses, oder am sichersten das Anbringen eines horizontalen Ventiles zwischen Winderhitzungsapparat und Düse, welches nur durch den Druck des Windes geschlossen gehalten wird, beim Abstellen des Windes sich aber öffnet, d. h. in verticale Stellung übergeht und die Windleitung verschliesst, während dann die Gase nicht rückwärts in den Winderhitzungsapparat ziehen, sondern durch die vom Ventil unverschlossene Oeffnung entweichen.[6])

Zweck. **107. Formen.**[7]) Selten entlässt man den Wind durch eine Oeffnung

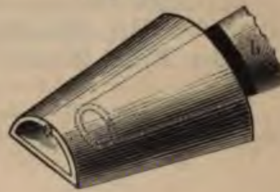
1) B. u. h. Ztg. 1873, S. 177. Preuss. Ztschr. 14, 304. 2) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 21, 103. 3) Grothe's polyt. Ztschr. 1878, S. 528 (Alberts). 4) B. u. h. Ztg. 1849, S. 341; 1860, S. 155; 1869, S. 331. 5) B. u. h. Ztg. 1869, S. 427. Kärnthn. Ztschr. 1871, S. 16. 6) Percy-Wedding, c. l., S. 388. 7) Geschichte der Formen in Dingl. 226, 590. Einrichtung u. s. w. in Metallurgic. Review 1878, Vol. 2, p. 486.

im Ofengemäuer (Formöffnung, Düsenloch) der Kostenersparung wegen direct in den Ofen (Blasen durch den Stein bei spanischen Bleiöfen [1]), sächsischen Zinnöfen, selten bei Holzkohlenöfen für Giesserei); meist ruht die Düse zum Schutz gegen Beschädigungen, welche auf die Pressung und ausströmende Menge des Windes influiren würden, in einer Auskleidung der Formöffnung *f* (Fig. 299), seltener aus Thon, als aus Metall (Form, Kanne, Esseisen). Man unterscheidet:

Einfache Formen.

1) Einfache Formen aus Gusseisen, Eisen- oder Kupferblech, selten aus Thon [2]) (Schweden) und meist von der Gestalt eines abgestumpften, halb durchgeschnittenen Kegels (Fig. 302), dessen Rüssel oder Auge *a* gewöhnlich mit der Hinterwand des Ofens abschneidet, während die hintere weitere Oeffnung (Bauch, Busen, Brust) die auf dem Boden (Formblatt) ruhende Düse *b* aufnimmt. Solche Formen, welche seltener ein mundförmiges Auge [3]) haben (Fig. 305), werden leicht durch anhaftende Massen und durch Hitze zerstört und sind nur bei kaltem Winde anwendbar, den man zur Kühlung der Form wohl durch Zurücklegen der Düse gegen deren Wandungen strömen lässt, wobei aber eine grosse Menge Wind zurückprallt und für den Ofen verloren geht. Der Durchmesser des Formrüssels lässt sich, ohne dass man die Form herausnimmt, durch Einbringen von gusseisernen Einlagen oder durch Einsetzen kleiner kupferner Formen mit verlängertem Bodenblatt (Steckformen, Form mit Steckschuhen) verringern (Steiermark). [4]) Behuf Direction des Windes mehr nach oben oder nach unten verlängert man wohl am Auge der Form den obern Theil oder das Bodenblatt (Formen mit Ober- und Untermaul).

Fig. 302.



Gekühlte Formen.

2) Gekühlte Formen für höhere Temperaturen, welche dann ein weiteres Einschieben der Düsen und damit eine bessere Ausnutzung des Windes zulassen. Zur Kühlung dient seltener Luft [5]), welche sich dann gleichzeitig erhitzt (Luft- oder Windformen), als Wasser (Wasserformen). Am billigsten und am häufigsten angewandt sind Formen mit doppelten Wänden und Wasserkühlung dazwischen aus Gusseisen, welche aber weniger dauerhaft sind, als solche aus Schmiedeeisen [6]), Bronze [7]) und Phosphorbronze. [8]) Oesinger [9]) treibt Formen aus Kupferblech in einem Stück.

Gusseiserne Formen werden durch Abnutzung leicht leck und erhalten leicht Ansätze, schmiedeeiserne mit geschweissten Nähten sind zwar dauerhafter, wenn sie dicht sind, erhalten aber auch leicht Ansätze, und es geben die in England namentlich beliebten schmiedeeisernen Spiralformen häufig Veranlassung zum Auswechseln. Bronceformen, 1804 zuerst auf Sayner Hütte angewandt, und von dort aus vielfach verbreitet, sind zwar in der ersten Anlage theuer und schwieriger dicht zu giessen, halten aber besser, erhalten weniger leicht Ansätze am

1) B. u. h. Ztg. 1863, S. 90. 2) B. u. h. Ztg. 1870, S. 140. 3) B. u. h. Ztg. 1855, S. 106. Berggeist 1872, S. 18. 4) Kraus Jahrb. 1855, S. 441. 5) B. u. h. Ztg. 1855, S. 105. Polyt. Centr. 1855, S. 554. Dingl. 190, 101. Berggeist 1872, S. 17. 6) B. u. h. Ztg. 1855, S. 199; 1868, S. 250; 1874, S. 61. 7) Oest. Ztschr. 1866, S. 79. B. u. h. Ztg. 1866, S. 287; 1868, S. 250; 1869, S. 139; 1872, S. 337; 1874, S. 61, 79, 109. Berggeist 1871, No. 48. 8) B. u. h. Ztg. 1874, S. 61, 79, 415; 1876, S. 20; 1878, S. 87. v. Kerpely, c. l., S. 54. 9) Polyt. Centr. 1867, S. 631. B. u. h. Ztg. 1868, S. 200. Preuss. Ztschr. 22, 273.

Rüssel und Incrustationen vom Kühlwasser; letztere lassen sich durch Hammerschläge oder Glühendmachen des Formrüssels und Eingiessen von kaltem Wasser leicht ablösen und die alte Bronce ist nach dem Auswechseln der Formen noch verwerthbar. Die Firma Dango & Dienenthal in Siegen liefert vorzügliche Bronceformen, welche bei gutem Guss und sorgfältiger Reinigung, am besten durch Ausspritzen unter hohem Druck, und bei continuirlichem Wasserzufluss sehr dauerhaft sind. Um grössere Billigkeit zu erzielen, hat man nur den das Formauge umgebenden Ring aus Bronce hergestellt und Schmiedeeisen daran angelöthet oder Gusseisen angegossen. Broncene Formen von F. Peter in Leipzig kommen bei 75 kg Gewicht das kg auf 3.6 Mk, schmiedeeiserne in Hieflau bei 45—46 kg Gewicht und 2—3jähriger Dauer auf nur 1.6 Mk, das kg; kupferne Formen im Preise von 12—14 M. halten nur kürzere Zeit.[1] Phosphorbronce übertrifft alle diese Materialien durch Zähigkeit, Dichtigkeit, Ertragen von Temperaturwechsel, geringere Oxydirbarkeit und Widerstand gegen Ansätze, ist aber theurer als Bronce.

Gestalt. Die gebräuchlichste Gestalt einer solchen Form ist die eines abgestumpften doppeltwandigen Kegels (Fig. 303), in dessen Zwischenraum von unten kaltes Wasser ein- und dieses von oben erwärmt wieder abfliesst. Solche Formen dehnen sich gleichmässiger aus und zerspringen weniger leicht, als die halben Kegel (Fig. 302), und zwar um so weniger, je gleichmässiger die Wandstärken. Je dünner die Rüsselwand, um so weniger leicht schmilzt der Rüssel weg. Eine noch kräftigere Kühlung findet statt, wenn man den Wasserstrahl durch das verlängerte untere Rohr direct gegen den Rüssel treten lässt.

Fig. 303.



In England (Süd-Wales), so wie auch zuweilen in Deutschland hat man eine schmiedeeiserne Spirale, in welcher Wasser circulirt, mit Gusseisen umgossen oder die Spirale findet sich in dem Gusseisenkörper in einigen Windungen nur am Auge der Form.[2] Auch hat man wohl ein schmiedeeisernes Schlangenrohr um den Gusseisenformkörper gelegt.[3] Sehr zweckmässig eingerichtete Wasserformen finden sich u. A. an Schemnitzer Rundöfen.[4]

Wasserkühlung. Die Anwendung von Wasserformen bedingt möglichst reines, wohl durch einen Giffard'schen Injector[5] gehobenes Kühlwasser, weil beim Verstopfen derselben durch mechanische Verunreinigungen oder Pfannenstein Dampfbildung und ein Leckwerden[6] der Formen namentlich auch bei Wassermangel leicht eintritt, wodurch gefährliche Explosionen[7] entstehen können. Ein solches Leckwerden der Formen, welchem gusseiserne mehr ausgesetzt sind, als solche aus Schmiedeeisen und Bronce, kann noch eintreten bei schlechtem Formmaterial (Porosität, nicht gehörige Schweissung), Abreiben des in den Ofen hineinragenden Formrüssels durch die herabgleitende Beschickung oder plötzlich herabgehende Massen, oder zu hohes Aufsteigen der geschmolzenen Massen im Herde u. A. Es empfiehlt sich, das Kühl-

1) Oest. Ztschr. 1867, No. 17. 2) Preuss. Ztschr. 14, 305. 3) Polyt. Centr. 1859, S. 190. 4) Oest. Ztschr. 1879, No. 1 (mit Abbildg.). 5) B. u. h. Ztg. 1862, S. 28. 6) Prüfung der Formen auf das Lecken in Dingl. 224, 597. B. u. h. Ztg. 1877, S. 303. 7) Schles. Wochenschrift 1859, No. 23. B. u. h. Ztg. 1860, S. 38; 1873, S. 286, 317; 1874, S. 79. Percy-Wedding, c. l., 2. Abthl., S. 380.

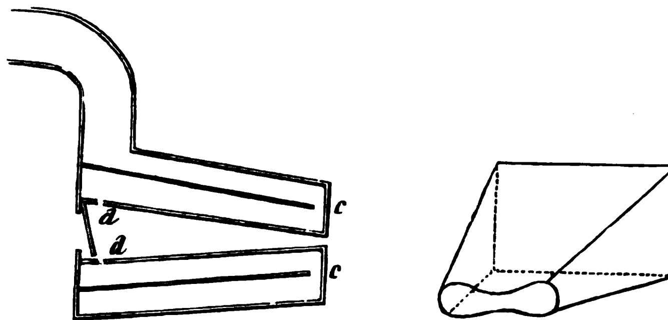
wasser behuf Klärung von oben in ein Fass fliessen zu lassen, in dessen Mitte sich ein am Ende mit einer Brause versehenes Rohr bis nahe unter den Wasserspiegel erhebt, durch welche dann das Wasser nach Absatz seiner Schlammtheile abfliesst. [1]) Das in den Formen erhitzte Wasser lässt man aus denselben nicht verdeckt, sondern sichtbar in Trichter oder Gerinne ablaufen, um jederzeit seine Temperatur ermitteln und beobachten zu können, ob keine Dampfbildung eingetreten ist. Saure und sehr harte Wasser sind auszuschliessen.

Teichmann [2]) empfiehlt, um ein Leckwerden der Formen zu vermeiden, durch Einbringen eines durchlöcherten Wasserrohres oben in den Raum zwischen beiden Formwänden Wasser gegen dieselben zu spritzen und den ringförmigen Raum ganz offen zu lassen. Auf ähnlichem Principe beruht Hodgett's Form. [3]) Bei Lloyd's Form [4]) befindet sich in dem hinteren offenen Hohlraume ein durchlöchertes Schlangenrohr, aus welchem Wasser in vielen Strahlen in die Form spritzt.

Zuweilen dient auch Luft zur Kühlung der Hohlformen, in denen sich dieselbe dann gleichzeitig erhitzt. Luftkühlung.

Eine solche Form *c* (Fig. 304. 305) am Kongsberger Treibofen [5]) hat eine Scheidewand, über welche zunächst die kalte Luft hinzieht, dann unter der Scheidewand fortstreicht und durch die kranzförmige Oeffnung *d* durch das mundförmige Formauge in den Ofen gelangt, indem am entgegengesetzten Ende ein Ventil die Form schliesst.

Fig. 304. Fig. 305.



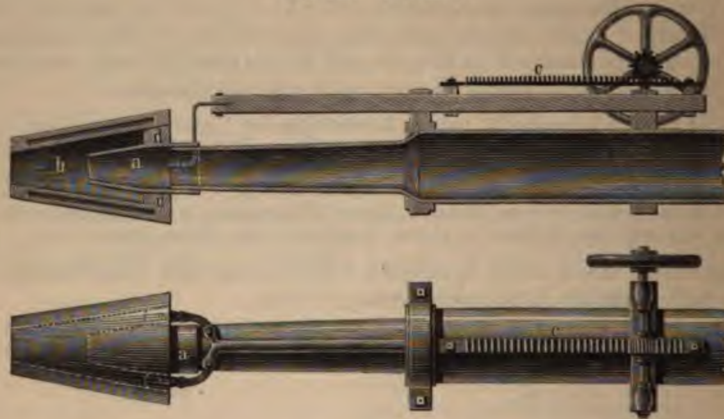
3) Offene und geschlossene Formen. Um die Windverluste (S. 365) zu vermeiden, welche entstehen, wenn die Düse ohne Anschluss an die Form bleibt, verschliesst man den Zwischenraum zwischen beiden durch eingeworfene Thonpatzen oder man versieht die bewegliche Düse an der Mündung mit einem anschliessenden ringförmigen Wulst (Fig. 301, Kladno [6])) oder schiebt bei festliegender Düse *a* (Fig. 306. 307) mittelst der Zahnstange *c* einen beweglichen Ring *d* zwischen Form *b* und Düse *a*. Einrichtung.

Zuweilen befindet sich zwischen Düse und Form eine Klappe, welche zum Oeffnen zurückgezogen und zum Schliessen wieder angezogen wird (Witkowitz). Zur Ilseder Hütte [7]) schliesst sich die

1) B. u. h. Ztg. 1867, S. 43. 2) Percy-Wedding, c. l., 2. Abthl., S. 384. 3) B. u. h. Ztg. 1870, S. 447. Plum's Form in Journ. of the Iron and Steel Inst. 1878, No. 1, p. 299. 4) Grothe's polyt. Ztschr. 1876, No. 29, 30. 5) B. u. h. Ztg. 1855, S. 106; 1862, S. 437. Berggeist 1872, S. 18. 6) B. u. h. Ztg. 1871, S. 284. 7) v. Kerpely, Eisen auf der Wien. Ausst., S. 40.

teleskopartig verschiebbare Düse mittelst eines trichterförmigen Rüssels an die Aussenmündung einer sehr weiten Form (von 314 mm Durchm.) an (Fig. 76).

Fig. 306. Fig. 307.



Sehr zweckmässig sind die neueren Formen mit veränderlichem Querschnitt[1] (Fig. 301). *o* Formeinsatz, abgeschrägt und sich eng an das umgekehrt abgeschrägte Ende der Düse *g* anlegend (Siegen, Rhonitz, Veckerhagen). Durch solche Einsätze lässt sich ohne Aenderung der Düse der Querschnitt der Windausströmungsöffnung modificiren und es wird nicht, wie bei sonstigen Einrichtungen, eine Aenderung in der Geschwindigkeit des Windes beim Austritte aus dem Düsen- und Formauge veranlasst.

Formreinigung. Die Reinigung der Formen von Ansätzen mittelst des gekrümmten Formstörers geschieht entweder nach dem Zurückziehen der Düse oder des Verschlussringes oder mittelst Einbringens desselben durch die Oeffnung *m* (Fig. 301).

Von der Lage der Form in Schachtöfen war bereits S. 264 die Rede.

V. Windberechnung.

Berechnungsmethoden. **108. Allgemeines.** Die Ermittelungen[2]) können sich entweder auf die Bestimmung der vom Gebläse eingesogenen oder der aus der Düse ausgeblasenen Windmenge beziehen. Erstere Berechnung nimmt man meist nur zur Controle des Windeffectes (S. 320) vor, letztere dagegen häufiger zum Normiren der in den Ofen gelangenden Sauerstoffmengen. Auch kann man aus der Menge des verbrannten Brennstoffs und dem Stickstoffgehalt der Ofengase die erforderliche Luftmenge berechnen. Mit Zunahme der letzteren in der Zeiteinheit steigen Brennmaterialverbrauch, Hitzeentwicklung, Schnelligkeit des

1) B. u. h. Ztg. 1869, S. 453. 2) Kerl, Met. 1, 660; 3, 266, 271. Percy-Wedding, c. l., 2. Abthl., S. 167. v. Hauer, c. l., S. 15; auch Oest. Ztschr. 1866, No. 20 u. Leoben. Jahrb. 1876, Bd. 24, S. 74. Wellner, Maximum der Saugmenge bei Cylindergebläsen in Leoben. Jahrb. 1877, Bd. 25, Heft 1. v. Hauer, Tabellen zur Windberechnung. Wien, Hölder 1876.

Ofenganges und Grösse der Production, was beim Eisenhohofenbetrieb die Umwandlung von grauem Eisen in weisses unter bedeutender Eisenverschlackung zur Folge haben kann, wenn der Ofen überblasen wird in Folge zu raschen Ganges.

Wind-pressung.

Mit der einzublasenden Luftmenge steht die Windpressung[1]) im Zusammenhange (S. 317). Je höher dieselbe, also je enger die Düse bei gleichem Brennmaterial und gleicher Windmenge, um so höher steigt bis zu einem gewissen Grade wegen schnellerer Kohlensäurebildung die Temperatur, und zur Erzeugung eines gewissen Hitzegrades muss die Pressung um so höher sein, je höher und enger der Ofen und je mehr Widerstand die Schmelzsäule entgegen setzt, also je kleiner die Schmelzmaterialstücke und je dichter das Brennmaterial. Stets muss die Geschwindigkeit des einströmenden Windes etwas grösser sein, als diejenige der aufsteigenden Gase oder die Pressung des Windes höher, als die des Widerstandes der Schmelzsäule. Da in hohen und engen Oefen, namentlich engen und hohen Gestellen die Geschwindigkeit der aufsteigenden Gase zunimmt, so muss auch in solchem Falle die Austrittsgeschwindigkeit des Windes aus den Düsen grösser werden, daher erfordern enge Gestelle enge, weite Gestelle weite Düsen. Da enge Düsen eine grössere Betriebskraft in Anspruch nehmen, so kann es kommen, dass, wenn dieselbe bei weiten Gestellen schon vollständig ausgenutzt wurde, sie bei engen Gestellen nicht mehr ausreicht. Eisenhohöfen erhalten z. B. für Holzkohlen 20—78, selten bis 105, für Cokes 78—157, zuweilen bis 210 und für Anthracit 157—216 mm Quecksilberpressung. Beim Bessemern steigt die Pressung auf 80—108, selbst 135 cm Quecksilbersäule (S. 320).

Jeder Hüttenprocess erfordert im normalen Zustande, unabhängig von der Windmenge, eine in geringen Grenzen schwankende Pressung. Die Pressung ist die richtige, wenn das Verbrennen des Brennstoffs im Querschnitte des Formniveaus gleichmässig stattfindet und, wie bemerkt, die Geschwindigkeit des Windes etwas grösser ist, als diejenige der aufsteigenden Gase oder die Windpressung etwas grösser, als der Widerstand der Schmelzsäule. Bei zu hoher und zu schwacher Pressung steigt unzersetzte Luft über das Formniveau, die Temperatur nimmt vor der Form ab und nach oben hin zu und es entsteht sogenanntes Oberfeuer, die Ofenwand leidet und transmittirt viel Wärme. Führt man einem Ofen zu wenig Wind zu, so verbrennt das Brennmaterial unvollständig, der Verbrauch davon steigt und die Temperatur sinkt; bei zu viel Wind steigt ohne Vermehrung oder bei Verminderung der Production der Brennstoffverbrauch, die Gase ziehen mit zu grosser Geschwindigkeit im Ofen auf und wirken weniger bei rascherem Ofengange, was bei der Roheisenerzeugung z. B. unvollständige Reduction und Kohlung veranlassen kann. Bei neueren Hüttenanlagen besteht der Fortschritt hauptsächlich darin, dass man kräftigere Gebläse construirt hat, welche viel stark gepressten Wind geben.[2]) In England ist man z. B. dadurch zu einer Brennstoffersparung gelangt, dass man den Inhalt der Oefen von 155 auf 495, dann auf 927 cbm vergrössert und die Windtemperatur von 340 auf 600° C. gesteigert hat (S. 348).

Windfeuchtigkeit.

Auf den Effect eines in den Ofen eingeblasenen Luftvolumens haben noch einen wesentlichen Einfluss die Schwankungen in Temperatur und Feuchtigkeit[3]) der Luft. Im Sommer enthält dasselbe Windvolumen weniger Sauerstoff als im Winter und ist feuchter. Der Feuchtigkeitsgehalt veranlasst einmal eine Wärmebindung abseiten des Dampfes, dann eine solche durch Zerlegung des Dampfes durch Kohle. Zwar verbrennen die dabei entstandenen Gase (Wasserstoff und Kohlenoxydgas) wieder, aber die zur Zersetzung des Wassers verbrauchte Wärme gleicht der durch Verbrennung der genannten Gase erzielten[4]) und gewöhnlich entzieht sich in der reducirenden Atmosphäre ein Theil der letzteren der Verbrennung (S. 19. 241). Zur Entfernung von Schwefel im Roheisen hat man wohl mit der Gebläseluft absichtlich Wasserdämpfe, aber ohne wesentlichen Erfolg eingeführt.[5]) Schinz[6]) weist den unvortheilhaften Einfluss feuchter Luft auf Production und Brennstoffconsum durch Zahlen nach. 9 Thle Wasserdampf erfordern zur Zerlegung durch Kohle in Kohlenoxydgas und Wasserstoff 34462 Wärmeeinheiten und geben durch Kohlenoxydgasbildung 14838 W.-E., so dass 19624 W.-E. verloren gehen.

1) Dingl. 201, 524. v. Hauer, Hüttenwesensmaschinen 1876, S. 2. 2) Kerl, Met. 3, 269. B. u. h. Ztg. 1864, S. 176. Berggeist 1871. S. 293. 3) Kerl, Met. 1, 667; 3, 270. Percy-Wedding, c. l., 2. Abthl., S. 77. Dingl. 202, 43. 4) Poggend. Ann. 1867, S. 277. 5) B. u. h. Ztg. 1860, S. 131; 1861, S. 171. 6) Dingl. 201, 535.

Nach v. Tunner[1]) erstreckt sich der Verbrennungsraum vor der Form höchstens auf 471 mm in den Ofen hinein, in der Mitte desselben befindet sich von etwa 157 mm Erstreckung der Focus. Weder durch stärkere Windpressung, noch durch Vergrösserung der Düsenmündung gewinnt dieser Raum wesentlich an Ausdehnung. Es bedarf deshalb für grössere Productionen mehrerer Formen behuf Herstellung möglichst gleichmässiger Temperaturen im Formquerschnitte und es empfiehlt sich dabei die Gestelleinrichtung des Raschetteofens (S. 249) oder des Sefström'schen Ofens (S. 250).

Focus.

Verfahren.

109. Berechnung der eingesogenen Windmenge. Dieselbe ergiebt sich für eine gewisse Zeiteinheit durch Multiplication des Rauminhalts des Gebläses mit der Anzahl der Auspressungen, wobei schädlicher Raum, Volum der Kolbenstange u. s. w. in Abrechnung zu bringen sind. Für Cylindergebläse gilt die Formel

$$Q = \gamma \frac{F \cdot v}{60}$$

worin ausdrückt: Q die pro Sec. erhaltene Windmenge in Cbf. oder cbm, F den Querschnitt des Gebläsecylinders in Q.-F. oder Q.-M., v die mittlere Kolbengeschwindigkeit in Fuss (Met.) pro Min., γ den Nutzeffect des Gebläses, je nach dessen Güte 0.60—0.75.

Man erhält hierbei grössere Zahlen, als nach der folgenden Methode, indem Reibungswiderstände in den Röhren Pressungs- oder Druckverluste[2]) herbeiführen, bei Cylindergebläsen bis 25 Proc. Der Verlust ist im Allgemeinen der Länge und dem Umfange der Windleitungsröhre proportional, dem Querschnitte derselben umgekehrt proportional und wächst im Quadrate der Geschwindigkeit. Es haben somit diese Verluste ihren Grund in fehlerhaften Querschnittsverhältnissen und der Reibung, zuweilen auch in Undichtigkeit. In Betreff des ersteren Punktes mache man keine Stelle der Luftleitung enger als die Summe der Düsenquerschnitte, vermeide jede Temperaturabnahme zwischen Windheizungsapparat und Ofen, stelle ersteren möglichst nahe an letzteren und umhülle die dazwischen liegende Röhre mit schlechten Wärmeleitern; zum möglichst geringen Reiben ist für kalten Wind eine cylindrische Form der Leitung mit unveränderter Weite zwischen Regulator und Düse die günstigste. Bei heisser Luft muss die Röhre von da ab, wo die Luft erhitzt wird, erweitert werden und zwar in dem Verhältnisse, wie der Raum grösser wird, den die erhitzte Luft ohne Vermehrung der Pressung beansprucht (S. 350). Als brauchbarstes Material für Warmwindleitungen ist Eisenblech zu bezeichnen; die Röhren daraus sind zu vernieten und zu verstemmen; gusseiserne Röhren mit Muffen- oder Flanschenverbindung sind für hohe Temperaturen zu verwerfen. Die Röhren müssen solche Unterlagen haben, dass sie frei den Formänderungen folgen können und sind dieselben überirdisch der Art aufzuhängen, dass man stets ihre ganze Oberfläche überblicken kann. Die erhitzten Theile sind mit schlechten Wärmeleitern zu umgeben. Die aus Eisen construirten Röhren-Winderhitzungsapparate sind nicht von langer Dauer, dagegen die Ziegelapparate unverwüstlich. In Gleiwitz betrug z. B. die Windmenge, nach der vorstehenden Methode ermittelt, bei 56.494 m Kolbengeschwindigkeit und 70 Proc. Nutzeffect 149,803 cbm pro Min., nach der folgenden Methode bei 8 Düsen von 0.071 m Weite, 0.12 m Pressung und 350° Temperatur 165,624 cbm (nach Abzug von 10 Proc. nahe 150 cbm), nach dem Cokesverbrauch pro 24 St. berechnet 150,328 cbm.

Methode der Berechnung.

110. Berechnung der ausgeblasenen Luftmenge.[3]) Diese ergiebt sich pro Sec. = Q durch Multiplication des Düsenquerschnitts D mit der Luftgeschwindigkeit v, und es ist pro Min.

$$Q = v \cdot D \cdot 60.$$

Die Geschwindigkeit ist eine Folge der Pressung, welche das Verhältniss der Dichtigkeit des Windes gegen die der atmosphärischen

1) B. u. h. Ztg. 1860, S. 208. 2) Dingl. 226, 267. 3) v. Hauer, Hüttenwesensmaschinen 1876, S. 15, 38.

Luft, den Ueberdruck des Windes über den Atmosphärendruck, ausdrückt und es wird die Pressung möglichst nahe vor der Düsenmündung mittelst der Windmesser oder Manometer aus der Höhe ermittelt, bis zu welcher die comprimirte Luft eine Quecksilber- oder Wassersäule in einer Glasröhre zu treiben vermag. Wird diese Höhe oder Quecksilbersäule auf eine Luftsäule reducirt und der dafür gefundene Werth h in die bekannte Formel

$$v = \sqrt{2gh}$$

für den Fall der Körper gesetzt, so ergiebt sich daraus die Geschwindigkeit der Luft und dann die Menge

$$Q = D \, . \, 60 \sqrt{2gh}.$$

Manometer

Ein Quecksilberhebermanometer besteht aus einer an beiden Enden offenen, Uförmig gebogenen Glasröhre in einem Gehäuse, deren horizontaler Schenkel l (Fig. 308) in eine Oeffnung der Windleitungsröhre eingesteckt wird. Die bis zu dem Nullpunkt n stehende Quecksilbersäule steigt bei Einwirkung des Windes in dem einen Schenkel, welcher sich über einer in Zollen, Centimetern u. s. w. eingetheilten Scale befindet und fällt in dem anderen. Die Differenz zwischen beiden Niveaus ergiebt die Pressung. Bei Schwankungen der Säule nimmt man aus mehrmals beobachteten höchsten und tiefsten Ständen das arithmetische Mittel, insofern man nicht einen Apparat mit verengertem Communicationsrohre[1]) anwendet. Gefässmanometer, statt solcher Hebermanometer, sind unbequem in der Behandlung, bedürfen aber keiner Verdoppelung der abgelesenen Werthe. Die meist nach Art der Gefässmanometer eingerichteten Wassermanometer[2]) empfehlen sich nur für geringern Druck (z. B. bei Cupoloöfen), denn bei starkem Luftdrucke fällt die empor getriebene Wassersäule zu hoch aus und die Schwankungen werden stärker. Auch sind Schwimmer-[3]) und Metallmanometer[4]) mit gewellten Stahlplatten (von Gabler's, sowie Schäffer und Budenberg's Construction) empfohlen. Bei sehr heissem Winde lässt man in das Quecksilbermanometer den Wind bei jeder Messung immer nur auf einige Augenblicke mittelst geöffneten Hahnes[5]) eintreten, oder man kühlt den in die Windleitung gesteckten Schenkel durch Wasser.

Fig. 308.



Stellung des Manometers.

Um die richtige Windpressung zu erhalten, darf nach Schinz[6]) das Manometerrohr nicht senkrecht in die Windleitungsröhre eingesenkt werden, sondern dasselbe muss sehr genau parallel gegen den Windstrom ausmünden und zwar in $\frac{1}{3}$ Durchmesser der Windleitung, da in der Mitte derselben eine grössere, an der

1) Dingl. 68, 437. 2) Kerl, Met. 1, 663. 3) Oest. Ztschr. 1861, S. 27. 4) Scholl, Führer des Maschinisten, S. 169. Bessemer's Hochdruckofen-Manometer in Engin. and Min. J., Vol. 9, No. 16. 5) Karsten's Eisenhüttenkunde, Taf. 9, Fig. 17—20. 6) Dingl. 201, 528.

Wand eine geringere Pressung stattfindet, in $^1/_3$ Höhe aber die mittlere Pressung erhalten wird. Damit an den Kanten des abgeschnittenen, dem Windstrome entgegen gerichteten Manometerröhrenendes keine Perturbation des ersteren stattfindet, zieht man dieses horizontale Ende zu einem feinen, vorn offenen Conus aus. Das Manometer darf weder in der Nähe von Biegungen, noch von Durchschnittsveränderungen eingesenkt werden, da sich im ersteren Falle die elementaren Windströme auf einen Theil des Querschnittes zusammendrängen und im zweiten Falle jedesmal vor dem engeren Durchschnitte eine negative Druckhöhe sich zeigt.

Bei Anwendung des Manometers (Fig. 308) muss man sich das durch l gehende horizontale Glasrohr verlängert und rechtwinklig gebogen denken, damit dasselbe nach dem Einschrauben des Manometers in eine seitliche Oeffnung der Windleitungsröhre die oben bezeichnete Stellung gegen den Windstrom erhält. In der Praxis werden viele Verstösse gegen diese richtige Anwendung des Manometers gemacht, indem man sich meist damit begnügt, dasselbe von oben oder seitlich in die Windleitung zu stecken, so dass das gerade Ende der Manometerröhre nur wenig in erstere hineinragt.

Durch Zusammenpressen erhöht sich die Temperatur der Luft. Da sich 100 Vol. Luft beim Erwärmen von 0—100° C. auf 136.65 Vol. ausdehnen, so erhöhen auch 136.65 Vol. Luft beim Zusammenpressen auf 100 Vol. ihre Temperatur um 100°.

Scalenreduction. Die Reduction einer Quecksilbersäule in cm = Q auf eine Wassersäule in cm = W geschieht nach der Formel

$$Q = \frac{W}{13.596}$$

1 Atmosphäre = 28 Paris. Zoll = 28.98 Preuss. Zoll = 76 cm. Zuweilen giebt man den Druck in Gewichten, auf einen bestimmten Querschnitt, z. B. 1 Qnadratzoll, bezogen an, und es ist dann

$$P = 13.596 \cdot \frac{11}{9} \cdot \frac{1}{32} Q = 0.5193\ Q,$$

wenn P das Gewicht der Säule in Pfunden für 1 Quadratzoll und Q die Quecksilbersäule in preussischen Zollen. Es entspricht 1 Atmosphäre = 14.103 Pfd. per Quadratzoll oder 103.08 dkg pro qcm. 1 Pfd. pro Q.-Zoll = 7.3 dkg pro qcm = 2.05 Zoll = 5.4 cm Quecksilbersäule.

Zur Reduction der Thermometergrade dienen folgende Formeln:

$$C = \frac{5}{9}(F-32) = \frac{5}{4} R.$$

$$R = \frac{4}{9}(F-32) = \frac{4}{5} C.$$

$$F = 32 + \frac{9}{5} C = 32 + \frac{9}{4} R.$$

Aeltere hydraulische Windformeln. Das durch obige Formel (S. 371) für Q gefundene Windquantum besteht aus comprimirter Luft unter dem Drucke $B + M$ bei einem Barometerstande B (die durch die Zusammenpressung der Luft erfolgte Temperaturerhöhung wird in Folge der Wärmeausstrahlung im Gebläse und in der Windleitung kaum fühlbar), einem Manometerstande M, einem Thermometerstande [1]) t (zu ermitteln durch Quecksilber- oder Metallpyrometer [2]) oder die Schmelzpunkte von Legirungen) und einem Hygrometerstande w. Um nun ein Anhalten bei Vergleichungen zu haben, reducirt man die Luftmenge Q auf die Dichte der atmosphärischen Luft, einen Barometerstand von 28 Zoll nach dem Mariotte'schen Gesetze, eine Temperatur von 0° C. nach dem Gay-Lussac'schen Gesetze und einen Hygrometerstand von 0°.

1) Nach Schlöffel zeigt das Quecksilberpyrometer bei tieferem Einsenken ins Windleitungsrohr eine mindere Temperatur, als weiter oben (Oest. Ztschr. 1862, No. 23). 2) B. u. h. Ztg. 1862, S. 88, 295; 1870, S. 307, 328.

Es bedarf deshalb die obige Formel noch eine Multiplication mit verschiedenen Factoren, nämlich wegen des manometrischen Druckes mit $\frac{B + M}{B}$, des Barometerstandes mit $\frac{B}{28}$, der Temperatur mit $\frac{1}{1 + 0.003665} t$, des Hygrometerstandes (gewöhnlich zu vernachlässigen) mit $\frac{1}{w}$ und wegen der Strahlcontraction bei kleineren Pressungen mit 0.910, bei grösseren mit 0.928.

Unter Berücksichtigung aller dieser Factoren leitet Scheerer[1]) nachstehende Formel ab:

$$Q = 2481\,(1 - 0.084 \sqrt{M})\, D \sqrt{\frac{M\,(B + M)}{(1 + 0.003665\, t)\, w}}$$

Es bezeichnet:

Q die Menge Luft von atmosphärischer Dichte für 1 Minute in preuss. Cbkf. bei 28 Z. Barometer-, 0° Thermo- und Hygrometerstand.
M Quecksilbersäule in preuss. Zollen.
D Düsenquerschnitt in Q.-Fuss.
t Windtemperatur nach Graden C.
w Ausdehnungscoëfficient in Bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft, gewöhnlich zu vernachlässigen.

In ähnlicher Weise haben Karsten und Herter[2]) solche Formeln aufgestellt, welche als ältere hydraulische Formeln voraussetzen lassen, dass der Wind mit der in der Düse vorhandenen Dichtigkeit und Temperatur auch in den Ofen einströmt und hier Gase von gewöhnlichem atmosphärischen Drucke vorhanden sind.

Auf Grund dieser Formeln haben zur grösseren Bequemlichkeit u. A. Schmidt[3]), Herter[4]), Rittinger[5]) und Mayrhofer[6]) Windtabellen entworfen und v. Schwind einen Rechenschieber (Aichmaass)[7]) construirt. Windtabellen u. Aichmaass.

In den neueren, u. A. von Weisbach[8]) aufgestellten Formeln ist auch der Umstand berücksichtigt, dass die comprimirte Luft nach dem Poisson'schen oder potenzirten Mariotte'schen Gesetze beim Austreten aus der Düse eine Verdünnung und in Folge dessen eine Abkühlung erleidet, welche auf die Geschwindigkeit influirt. Diese Formeln sind für Meter- und Fussmaass folgende: Neuere Formeln.

$$Q = 395\,\mu\, F \left(\frac{b + h}{b}\right)^{0.2953} \sqrt{3.3866\,(1 + 0.00367\,\tau)\left(1 - \left[\frac{b}{b + h}\right]^{0.2953}\right)}$$

Es bezeichnet:

Q die unter äusserem Drucke gemessene Luftmenge in Cubikmetern pro Sec.,
F Düsenquerschnitt in qm,
μ Contractionscoëfficient 0.910 – 0.930,
b Barometerstand in m,
h Manometerstand in m,
τ Temperatur nach Celsius
und

1) Scheerer, Met. 1, 465. B. u. h. Ztg. 1858, S. 227. 2) Berggeist 1860, S. 829. 3) v. Tunner, Stabeisen- u. Stahlber. 1, 244. 4) Berggeist 1860, No. 102. 5) Rittinger's Centrifugalventilatoren 1858, S. 64. 6) Kraus, österr. Jahrb. 1852, S. 96. 7) Oest. Ztschr. 1854, No. 48; 1856, No. 30; 1858, No. 37. 8) Civilingenieur 5, 3. B. u. h. Ztg. 1860, S. 201; 1861, S. 4.

$$Q = 9.2\sqrt{\frac{10}{3}\left(\frac{b+h}{b}\right)^{0.3}\left[\left(\frac{b+h}{b}\right)^{0.3}-1\right]},\ \text{worin}$$

Q Luftmenge pr. Sec. in preuss. Cubikfussen von 10° C. und 29 Z. Barometerstand für einen Mündungsquerschnitt von 1 Q.-Zoll. h Manometer- und b Barometerstand in Zollen.

v. Hauer¹) theilt folgende Formel, welche auch den Gegendruck (s. unten) berücksichtigt, mit:

$$M = 21110\, \lambda d^2 \sqrt{\frac{b+h_2}{1+\alpha t_1}\,(h_1 - h_2)}$$

Es bezeichnet:

M = Windmenge pro Min. auf 0° Temperatur und 0.76 m Barometerstand reducirt,
d = Düsendurchmesser,
b = Quecksilber-Barometerstand,
h_1 = Quecksilber-Manometerhöhe der Luft in der Windleitung,
h_2 = " " " " ausserhalb der Düsenmündung,
α = Ausdehnungscoëfficient = 0.003665 = $1/_{273}$,
t_1 = Temperatur der Luft in der Windleitung,
λ = Correctionsfactor = $1 - 0.03\,\frac{h_1 - h_2}{b + h_2}$.

Diese Formel ist homogen und es können die darin vorkommenden Dimensionen in jedem beliebigen Masse eingesetzt werden; nur ist zu beachten, dass b, h_1 und h_2 Quecksilberhöhen sind. Bei Bessemergebläsen ändert sich die Formel dadurch etwas, dass wegen der stärkeren Contraction die Ausflussmenge geringer ist und der Contractionscoëfficient ein anderer wird. Man braucht nur statt der Zahl 21110 in obiger Formel die Zahl 19150 zu setzen.

Windtabellen u. Diagramm.

Nach Weisbach's Formeln sind von Neuschild[2]), von v. Hauer[3]) und von Ph. Mayer[4]) (nach einer etwas modificirten Formel für Metermass) Windtabellen und von Bornemann eine graphische Windtabelle[5]) (Diagramm) entworfen.

Mängel dieser Formeln.

In Weisbach's Formel ist zwar im Vergleich zu den älteren hydraulischen Formeln der Verdünnung des Windstromes vor der Düse Rechnung getragen, aber es ist noch vorausgesetzt, dass der Wind in einen mit Gasen von atmosphärischer Spannung und gewöhnlicher Temperatur gefüllten Raum einströmt, während doch die Gase im Ofen eine höhere Spannung (bedingt durch die Windpressung, Temperatur und Höhe des Ofens und Beschaffenheit der Materialien) besitzen, wodurch ein Gegendruck stattfindet.[6]) Nach v. Tunner[7]) erhält man eine richtigere Windmenge, wenn man die durch Versuche im Schmelzraume gefundene Pressung von der am Manometer beobachteten abzieht und die Differenz als wirklichen Druck betrachtet (in v. Hauer's Formel $h_1 - h_2$). Schmidhammer[8]), Rinmann und Fernqvist[9]) haben die Pressung in Hohofengestellen, Ledebur[10]) deren Einfluss in Cupoloöfen ermittelt. Nach Schinz[11]) sind die Methoden von Schmidhammer und v. Tunner zur Bestimmung des Druckes in Oefen mit Fehlern behaftet.

Beim Eisenhohofen hat sich die Erfahrung mehrfach bestätigt, dass derselbe so viel Cubikfuss Wind pro Min. zu erhalten hat, als die Wochenproduction in Centnern beträgt.[12])

Werth der Methode.

111. Windberechnung aus dem verbrauchten Brennmaterial. Nach Moldenhauer[13]) und Ledebur[14]) ist die Berechnung der Windmenge aus dem Verbrauche an Brennstoff und nach richtigen

1) v. Hauer, Hüttenwesensmaschinen 1876, S. 18. 2) B. u. h. Ztg. 1859, S. 27. 3) Rittinger's Erfahr. 1858, S. 11. v. Hauer, Hüttenwesensmaschinen 1876, S. 599. 4) Oest. Ztschr. 1875, No. 14. 5) B. u. h. Ztg. 1861, S. 178. Rittinger, Erfahr. 1860, S. 22. 6) v. Hauer in Oest. Ztschr. 1862, No. 13. B. u. h. Ztg. 1862, S. 432. 7) B. u. h. Ztg. 1860, S. 208. 8) Oest. Ztschr. 1862, No. 13. 9) B. u. h. Ztg. 1861, S. 406. 10) B. u. h. Ztg. 1870, S. 277. 11) Dingl. 201, 529. 12) Kerl, Met. 3, 762. 13) Schweiz. polyt. Ztschr. 7, 421. 14) B. u. h. Ztg. 1870, S. 278.

Analysen der Beschickung und Ofenproducte richtiger, als nach den Formeln, weil Wind zwischen Düse und Formwand leicht entweicht, Luftdruck und durch Ansätze sich leicht verengernde Formöffnungen unbestimmte Grössen sind u. s. w. Die Sauerstoffmenge, die einem Ofen bei normalem Gange zugeführt werden muss, ist annähernd derjenigen gleich, welche erforderlich ist, um die aufgegebene Kohle in Kohlenoxyd zu verwandeln.[1]) 1 Pfd. = $^1/_2$ kg Kohlenstoff braucht zur Verbrennung zu Kohlenoxyd $74^1/_2$ Cbkf. (2.3 cbm), zu Kohlensäure 155 Cbkf. (4.79 cbm) Luft von 0° und 28 Zoll (732 mm) Barometerstand.

Bezeichnet z. B. A den Cokesverbrauch in Pfunden per 24 Stunden, p den Procentgehalt an Kohlenstoff darin, so ist der Windbedarf pro Min. $\frac{A \cdot p}{2000}$ Cbkf. von atm. Dichte und 0° Tpr. Die Werthe fallen zu gross aus, wenn der Ofen an Oberfeuer leidet.

Eine solche Berechnung giebt im Allgemeinen weniger hohe Resultate, als diejenige aus Düsenquerschnitt und Pressung, doch stimmen sie auch zuweilen hinreichend genau überein.[2]) Buschbeck[3]) hat unter Berücksichtigung aller einschlagenden Umstände die in verschiedenen Eisenhohöfen wirklich verbrauchten Windmengen bestimmt und Kalle[4]) aus dem verbrauchten Brennstoff die Menge der zuzuführenden Luft und die erforderliche Leistung des Gebläses berechnet.

112. Berechnung der Windmenge aus dem Stickstoffgehalt der Ofengase. Da der Stickstoffgehalt im Ofengase aus der eingeblasenen Luft kommt, so lässt sich mittelst desselben nach Stöckmann[5]) das in 1 Min. in den Ofen geblasene Windquantum ermitteln. Eine Gasanalyse ergab z. B. 55.76 Proc. Stickstoff und es wurden in 24 Stunden 129389 cbm Stickstoff ausgeblasen. Da 100 Stickstoff 126.5 atmosphärischer Luft entsprechen, so sind 129389 cbm Stickstoff = $\frac{129389 \,.\, 126.5}{100}$ = 163678 cbm atmosphärische Luft, welche Menge in 24 Stunden in den Ofen geblasen wird oder 114 cbm in 1 Min. Verfahren.

B. Vorrichtungen und Werkzeuge für mechanische Operationen.

113. Allgemeines. Die hierher gehörigen Vorrichtungen und Werkzeuge[6]), deren Construction und Wirkungsweise grossentheils aus mechanischen Handbüchern (u. A. von Weisbach und Redtenbacher) zu ersehen ist und von denen hier nur eine kurze Uebersicht gegeben werden soll, lassen sich in folgende Abtheilungen bringen: Classification.

1) Zerkleinerungsapparate, von denen bereits früher (S. 51) theilweise die Rede gewesen ist.

Es sind noch aufzuführen: Scheeren[7]), Schneidwerke[7]), Circularsägen[7]), Wasser unter Druck zur Zerkleinerung grosser Gussstücke.[8])

2) Trennungsapparate (S. 58), als:

1) B. u. h. Ztg. 1864, S. 177. 2) Allg. B. u. h. Ztg. 1863, S. 171. 3) B. u. h. Ztg. 1861, S. 4. 4) B. u. h. Ztg. 1864, S. 177. 5) Stöckmann, die Gase des Hohofens u. s. w. Ruhrort 1876, S. 35. 6) Systematik der Werkzeugs- und Arbeitsmaschinen in Engel's Ztschr. d. kgl. Preuss. statist. Bureaus 1878. Heft 1, S. 137. Ledebur, Verarbeitung der Metalle auf mechan. Wege 1879, S. 44, 395. 7) v. Hauer, die Hüttenwesensmaschinen, S. 576, 591, 593. Kerl, Grundr. d. Eisenhüttenkunde, S. 427. 8) v. Kerpely's Fortschr. 2, 151.

Handscheidung, Abscheidung von Schwefelkies, Eisenkiesel, Schwerspath u. s. w. aus Eisenerzen, Stein von Schlackenkegeln.

Siebvorrichtungen in Gestalt von Durchwürfen, Rättern und Trommeln bei der Amalgamation und den nassen Silberextractionsprocessen, für gemahlene Glätte, Kohlenklein u. s. w. (S. 59).

Schlämmapparate in Gestalt einfacher Gefässe mit oder ohne Rührwerk (Amalgamation) oder von Herden (geröstete Zinnerze, aufbereitete Krätzen).

Sandstrahlputzmaschine[1]) zum Putzen der Gussstücke.

3) Mengapparate (S. 60), als:

Knet- und Stampfwerke[2]) zum Ankneten der Rückstände von der Silberextraction, Einbinden von Schliegen (S. 62).

Kugeltonnen für Gestübbe.

4) Streckapparate, als:

Walz- und Hammerwerke[3]), Zängemaschinen[3]), Leierwerke[4]) u. s. w.

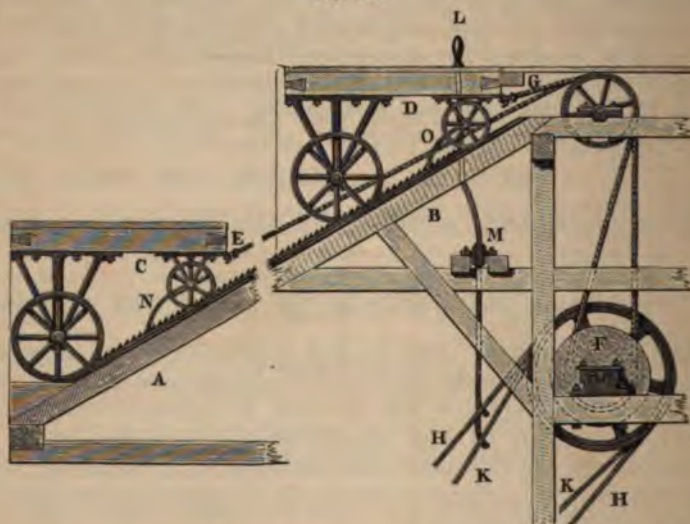
5) Förderapparate, als:

Gichtaufzüge[5]) (S. 61), Gichtwagen[6]), Schlackenwagen[7]) und Schlackentöpfe[8]), Krahne[9]) u. s. w.

Beispiele. Zur Erläuterung der S. 61 erwähnten Gichtaufzugsysteme mögen folgende Beispiele dienen:

a) Maschinenaufzug mit geneigter Bahn (Fig. 309). *A* und *B* parallel neben einander liegende Schienenbahnen mit 30—44° Neigung, auf denen die zur

Fig. 309.



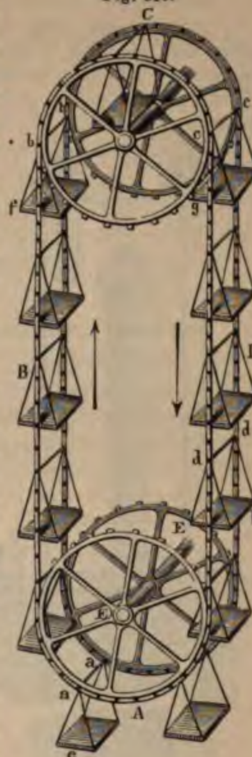
Aufnahme der Gichtwagen dienenden Wagengestelle *C* und *D* sich bewegen, beide verbunden durch ein Seil *E*, *G*, welches um die Trommel *F* gelegt ist, bei deren

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 50. 2) Lampadius, Fortschr. der Hüttenkunde 1869, S. 4. Grützner, die Augustin'sche Extraction 1851, S. 91. Kerl, Thonwaarenindustrie, 2. Aufl., S. 164. 3) v. Hauer, c. l., S. 470. Kerl, Met. 3, 514—521. B. u. h. Ztg. a. v. O. 4) Kerl, Met. 3, 559. 5) v. Hauer, c. l., S. 260. v. Kerpely, Fortschr., Bd. 1—10. Kerl, Met. 3, 166. B. u. h. Ztg. 1867, S. 217. Kerl, Grundr. d. Eisenhüttenkunde, S. 178. Ledebur, c. l., S. 66. 6) Kerl, Met. 3, 284. B. u. h. Ztg. 1866, S. 218; 1871, S. 17. v. Kerpely's Fortschr. 3, 83. 7) B. u. h. Ztg. 1863, S. 1; 1871, S. 186, 284. 8) B. u. h. Ztg. 1866, S. 42; 1865, Taf. 10, Fig. 9; 1869, Taf. 9, Fig. 14. 9) Dürre, Giessereibetrieb 1, 654. B. u. h. Ztg. 1871, S. 200. Ledebur, c. l., S. 44.

Umdrehung das eine Wagengerüst aufgezogen, das andere herabgelassen wird. *H* und *K* Riemen zur Uebertragung der Umtriebskraft auf die Trommel, von denen der eine offen, der andere gekreuzt ist. Die Trommel dreht sich nach der einen oder andern Richtung, je nachdem durch den Rückhebel *L M K* der eine oder der andere Riemen auf eine feste oder die lose Rolle der Umtriebswelle geschoben wird. *N* und *O* sind Sperrklinken.

b) Paternosterwerke (Fig. 310). *A* und *C* zwei Paar Seilscheiben mit keilförmigen Zähnen, welche zwischen die Glieder der schmiedeeisernen Laschenkette *A, B, C, D* greifen. *a, b, c* u. s. w. schmiedeeiserne Verbindungsbolzen zwischen den Ketten, an welch ersteren die zur Aufnahme der Chargirgefässe dienenden Aufziehschalen *e, f, g, h* hängen. *E* Welle des unteren Scheibenpaares, mittelst Wasser- oder Dampfkraft in langsamen Umtrieb versetzt.

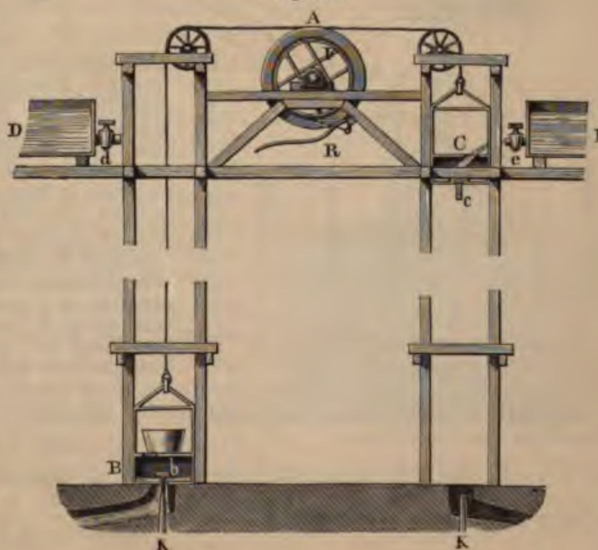
Fig. 310.



c) Wassertonnenaufzug (Fig. 311). *A* Scheibe mit mehrmals umgeschlungenem, über Seilscheiben gehenden Drahtseile, an dessen Enden die Förderschaalen mit Blechkästen *B* und *C* darunter befestigt sind. *D* Wasserbehälter mittelst Hähnen *d* und *e* zum abwechselnden Füllen der Blechgefässe *B* und *C*. Das oben befindliche, das leere Fördergefäss tragende Blechgefäss *C* erhält nach dem Füllen mit Wasser aus *E* das Uebergewicht, sinkt und zieht das leere Blechgefäss *B* mit dem gefüllten Fördergefäss in die Höhe. Unten angekommen, stösst das Ventil *c* des Wasserkastens gegen ein Hinderniss *K*, das Ventil öffnet sich, das Wasser fliesst aus, worauf sich das Spiel wiederholt. *F* Bremsrad mit Drücker *R*.

d) Pneumatischer Aufzug (Fig. 312). *AB* Röhre aus Eisenblech von etwa 16 m Länge, mit dem unteren Ende in das in dem Schachte *B E F* enthaltene Wasser eintauchend. *C D E F G* Röhre zur Zuleitung von comprimirter Luft in die Röhre *A B*, welche sich dabei in einer Leitung *K K* und *L L* hebt, und mit ihr das Chargirgefäss *Q*. *D S* auf- und niederschiebbarer Steuerkolben zur Regulirung des Auf- und Niederganges des Rohres *AB*, indem durch *DS* das Windrohr bald mit der Gebläsewindleitung *C*, bald mit der atmosphärischen Luft bei *V* in Verbindung gesetzt wird. *U U* Gichtboden. *R* Gegengewichte an über Rollen *M* gehenden Seilen zum fast vollständigen Aequilibriren der Röhre *AB*.

Fig. 311.



6) Arbeitsgeräthe und Gezähe.[1])

Beispiele. **Röstgezäh** (Fig. 313). *a* Krähl, etwa 2.98 m langes Eisen mit 262 mm hoher und 288 mm breiter Kratze. *b* Pochhammer zum Zerschlagen der Sinterknoten mit 314 mm breiter Bahn. *c* Krücke, unten 392 mm breit. *d* Röstspatel

Fig. 312.

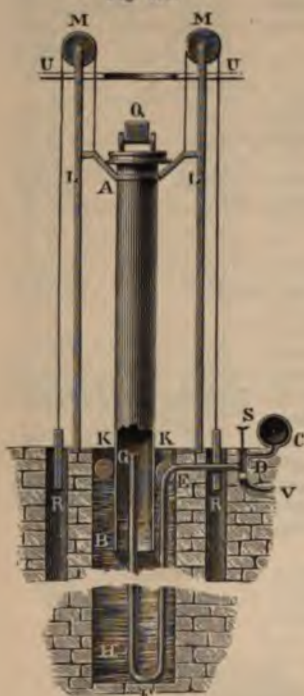


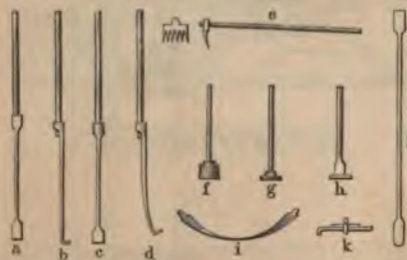
Fig. 313.



Fig. 314.



Fig. 315.



(Wendeschaufel), 366 mm lang und 262 mm breit. — **Schmelzgezäh** bei Schachtöfen (Fig. 314). *a* Forke oder Schlackengabel. *b* Brusträumer zum Entfernen der Ansätze hinter der Brustmauer. *c* Bleikelle. *d* Stecheisen. *e* Herdschaufel. *f* Räumeisen. — **Treibofengezäh** (Fig. 315). *a* Glättmeissel. *b* und *c* Glättehaken. *d* Abziehhaken mit angespiesstem Holzknüppel zum Abziehen des Abstrichs vom Bleibade. *e* Mergelkrahle. *f*, *g* und *h* hölzerner, bleierner und eiserner Stampfer zum Mergelherdaufstampfen. *i* Schrappe zum Wegkratzen von Herdmaterial zur Herstellung der richtigen Form des Mergelherdes. *k* Spurscheere zum Einschneiden einer Vertiefung im Herde behufs Ansammlung des Blicksilbers. *l* Silbermeissel zum Ausheben des Blicksilbers.

1) Arbeitsgezähe beim Rösten, Schmelzen, Pattinsoniren, Abtreiben und bei der Zinkdestillation in Kerl's Met. 1, 680; beim Eisenhohofenbetrieb Kerl, Met. 3, 280; bei der Förmerei und Giesserei in Dürre's Giessereibetrieb 1, 738.

II. Theil. Apparate für nasse Processe.

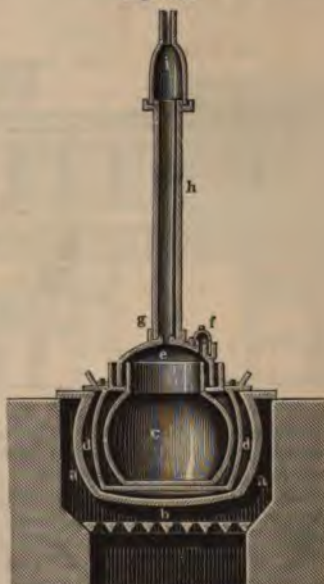
114. Allgemeines. Die Apparate [1]) für nasse Processe (Amalgamation, Extraction von Gold-, Silber- und Kupfererzen u. s. w.) lassen sich wegen ihrer Mannigfaltigkeit nur schwierig unter allgemeine Gesichtspunkte bringen, sind deshalb bei den betreffenden Processen im speciellen Theil der Hüttenkunde näher berücksichtigt und sollen deren Hauptarten (Auflöse-, Auslauge-, Concentrations-, Krystallisations-, Fällgefässe hier) nur durch einige Beispiele erläutert werden. Verschiedene Arten.

115. Apparate. Dieselben können sein:

1) Lösegefäse. Je nach der zu behandelnden Substanz und den lösenden Agentien können die Gefässe bestehen: aus Holz (Augustin'sche und Ziervogel'sche Silberextraction, Kupferchlorationsprocess), letzteres wohl mit Pech ausgekleidet (Plattner's Goldchlorationsprocess), Gusseisen (Goldscheidung), Steinzeug (Wismuthgewinnung), Porzellan (Goldscheidung), Blei (Kupferextraction mittelst Schwefelsäure), Mauerwerk (Behandlung oxydischer Kupfererze mit schwefliger Säure) u. s. w. Das Erhitzen der Gefässe u. s. w. geschieht durch directe Feuerung, Gas oder Wasserdampf. Lösegefässe.

Unterharzer Goldscheidungsgefäss (Fig. 316). *a* gusseiserner Kessel über einer Feuerung. *c* Porzellangefäss zur Aufnahme von güldischem Silber und concentrirter Schwefelsäure, mit einem eisernen Gerüst *d* mit Handhabe zum Ausheben des Gefässes versehen. *e* Deckel mit Wasserverschluss *f*. *h* Porzellanrohr mit Bleirohr *i* verbunden, bei *g* unter Wasserabschluss auf dem Deckel *e* stehend. Beispiele.

Fig. 316.



2) Auslaugegefässe. Dieselben bestehen meist aus gut gedichtetem Holz und kann die Auslaugung mittelst Wassers, Säuren, Salzlösungen u. s. w. geschehen: durch Decantiren bei schlammartigen Massen oder Filtriren, und zwar bei von oben oder von unten aufsteigender Flüssigkeit, am Besten continuirlich in der Weise, dass man das frische, kräftigste Lösungsmittel auf das bereits am meisten erschöpfte Material einwirken lässt, wobei sich die Flüssigkeit zweckmässiger der letzteren entgegen bewegt, als umgekehrt. Die Auslaugegefässe stehen meistens terrassenförmig über einander; die erfolgenden schwachen Laugen werden in Sammelbehälter abgelassen und durch Pumpen, Schöpfräder, Dampf- Auslaugegefässe.

1) Kerl, Grundr. d. Metallhüttenkunde S. 192, 284, 288, 293, 315. Ders., Repertorium d. techn. Literatur 1854 bis 1878.

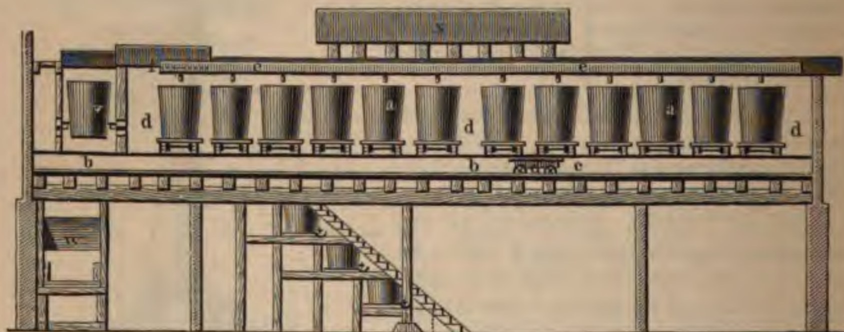
oder Luftdruck u. s. w. wieder auf frisches Material geschafft. Das Ablassen der Lauge geschieht durch mit Pflöcken verschlossene Oeffnungen im Gefässe, durch Thon- oder Kautschukröhren oder bei Vermeidung aller Hähne durch einen Gummischlauch, dessen Ende in eine hölzerne Hülse gesteckt wird, wenn kein Abfluss mehr erfolgen soll. Zur Beschleunigung der Laugung lassen sich anwenden: Bewegung der Massen durch Rühren mit Hand oder Maschinen, Rotirenlassen der Gefässe (Fässer), Einleiten von Gebläseluft, Anwendung von Wärme durch Einleiten von erhitzter Luft oder Feuergasen u. s. w.

Fig. 317.



Beispiele. Hölzernes Lauggefäss (Fig. 317). *a* Holzkreuz. *b* Durchlöcherter Losboden. *c* Birkenreisig oder Stroh. *d* Mit Leinwand überspannter Reif, an der Bottichwand mit Werg verstopft. — Silberlauggefäss (Fig. 318, 319). *a* Laugfässer mit chlorirend gerösteten Silbererzen, auf der Schienenbahn *c* herbeigefahren und auf Wagen *d* auf die seitliche

Fig. 318.

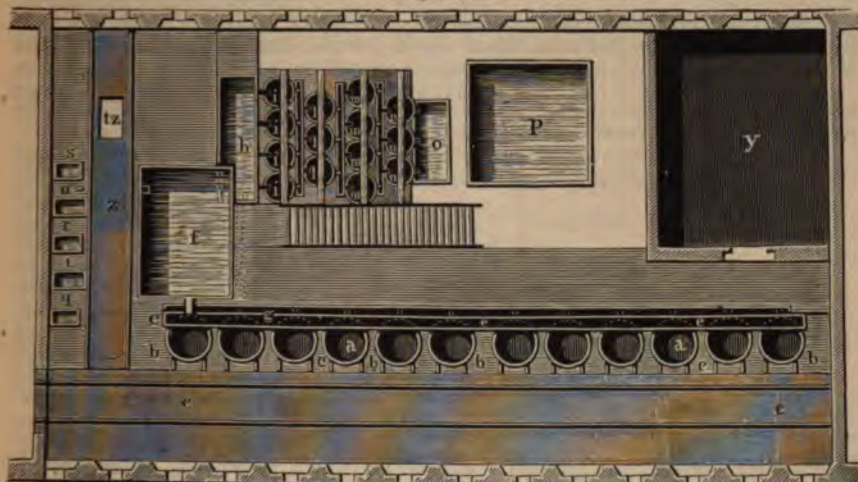


Laugbühne *b* geschoben. *f* Reservoir mit heisser Kochsalzlauge, welche in das Gerinne *e* und aus diesem durch Löcher im Boden in die Lauggefässe *a* fliesst, um das Chlorsilber aufzulösen. Die Lauge, durch Hähne in die Rinne *g* und aus dieser in das Klärbassin *h* abgelassen, fliesst zur Abscheidung des Silbers aus der Lösung von Chlornatrium-Chlorsilber über Kupfer in den Fällgefässen *i* und *l*, die entstandene Kupferlösung zur Fällung des Kupfers über Eisen in den Bottichen *m*, *n* und *o*, worauf sich die entstandene Eisenlauge in *p* ansammelt. *x* Reservoir für die Kochsalzlauge zur Speisung der Pfanne *f*. *z* Schienenbahn zur Aufnahme der Fässer *a* mit dem ausgelaugten Erz, an Axen, wie *v* zeigt, umzukippen, wobei ihr Inhalt durch *tz* auf einer Rutschfläche auf den Tisch *w* fällt. *s*, *u*, *r*, *t*, *q* Gefässe mit Wasser und schwachen Laugen zum methodischen Auslaugen der Rückstände.

Fällgefässe. 3) Fällgefässe. Dieselben bestehen meist aus Holz, enthalten eine Filtrirvorrichtung, wie Fig. 317, und darauf das Fällungsmittel (z. B.

für Silber Kupfer oder Eisen, für Kupfer Eisen u. s. w.), über welches die metallhaltige Flüssigkeit fliesst. Zur Beschleunigung der Fällung

Fig. 319.



kann dienen: die Anwendung von Wärme, eine grosse Oberfläche des Fällungsmittels, Bewegung der Flüssigkeit durch Fliessen oder ein Rührwerk oder Rotirenlassen der Gefässe, u. A.

Fig. 320.



Beispiel.

Gefässe zur Fällung von Silber und Kupfer s. Fig. 318, 319. Kupferfällgefäss mit Rührer (Fig. 320). *a* Bottich mit aus Holzstäben gebildetem Innencylinder *b*, welcher auf dem ringförmigen mit Schmiedeisenstücken versehenen Lattenroste *c* ruht. Ein Rührwerk im Cylinder *b* versetzt die Lauge in stete Bewegung und das ausgeschiedene Cementkupfer fällt grossentheils in den Raum *d*.

---

5. Abschnitt.

Hüttenproducte.

116. Classification. Die Erzeugnisse der Hüttenprocesse, die Hüttenproducte [1]), werden entweder nach dem Processe, bei welchem sie fallen, benannt (Blei-, Kupferhüttenproducte, Röstproducte u. s. w.), oder je nachdem sie das Hauptobject der Gewinnung sind oder nicht (Haupt- und Nebenproducte) oder nach ihrer Classification.

1) Kerl, Met. 1, 681. Fuchs, die künstlich dargestellten Mineralien nach Rose's System, Haarlem. Die folgenden Citate beziehen sich auf neuere Analysen u. s. w., als die in Kerl's Met. mitgetheilten.

Zusammensetzung und namentlich nach ihrem nutzbaren Metallgehalt (Educte, Fabrikate, Zwischenproducte, Abfälle), ohne dass man jedoch bei letzterer Eintheilung eine scharfe Grenze ziehen kann (z. B. bei Roheisen, welches Fabricat und Zwischenproduct sein kann).

Krystallisirte Hüttenproducte.

Zuweilen erscheinen die Producte krystallisirt und sind dann von ähnlichen natürlichen Verbindungen häufig durch ihre Porosität zu unterscheiden. Die Krystallisation wird durch folgende Umstände begünstigt:

a) Langsames Erkalten einfacher oder im richtigen Verhältniss zusammengeschmolzener, hinreichend dünnflüssiger Substanzen: Krystalle von Blei, Wismuth, Roheisen, Lechen, Speisen, Schlacken.

b) Sublimation von unzersetzten Substanzen und Erkalten derselben in geschützten Räumen: Krystalle von Arsen, Zink, Schwefel, Schwefelarsen, künstlicher Bleiglanz (Fig. 321), Chloralkalien, Chlorquecksilber, Hohofentitan u. s. w., wobei eine spätere Oxydation derselben durch Einwirkung von heisser Luft oder Wasserdampf eintreten kann (arsenige Säure, Zinkoxyd und kohlensaures Zinkoxyd, Antimonoxyd, Bleivitriol). Das Anlaufen mancher Hüttenproducte, z. B. bleiischer Ofenbrüche (Fig. 321), ist die Folge der Entstehung einer dünnen Oxydhaut, in welcher sich das Licht bricht. v. Kerpely[1]) benutzt Warmbruch- oder Anlaufproben der Stahlsorten als Unterscheidungsmale für dieselben.

Fig. 321.



c) Vereinigung verschiedener dampfförmiger Körper in geschützten abgekühlten Räumen: Schwefelzink enthaltende Ofenbrüche aus Zinkdampf und aus aus schwefliger Säure durch Kohlenoxyd reducirtem Schwefeldampfe oder aus Schwefelkohlenstoff abgegebenem Schwefel oder aus mit Schwefelmetallen (Schwefelblei, Schwefelkupfer) in Berührung kommendem Zinkdampfe; Schwefelkies, Kupfer- und Antimonglanz aus Metallchloriden und Schwefelwasserstoff; Magneteisenstein, Eisen- und Kupferoxyd aus Metallchloriden und Wasserdämpfen; Kieselsäure oder Eisenamyanth aus Schwefel-, Chlor- oder Fluorsilicium und Wasserdampf.

d) Zersetzung flüssiger Substanzen durch dampf- oder gasförmige Körper in erhöhter Temperatur: Schwefeleisen durch Wasserdampf zu Magneteisenstein, Blei durch Luft zu Glätte, Eisen durch dampfförmiges Blei zu Eisenblei u. s. w.

e) Zersetzung fester Substanzen durch dampf- oder gasförmige Körper bei erhöhter Temperatur: Haarsilber aus Schwefelsilber und Wasserdampf, Feldspath aus dampfförmigen Kalisalzen und den Silicaten des Ofenbaumaterials, Mennige aus Bleioxyd und Luft beim Rösten, Magneteisen aus Roheisen und Stabeisen.

Nicht immer entstehen unter den angegebenen Verhältnissen Krystalle, sondern es sind dazu häufig noch andere nicht immer gekannte Bedingungen erforderlich. Zuweilen werden amorphe Substanzen ohne irgend welche bemerkbare äussere Einflüsse (arsenige Säure) oder bei Erschütterungen (faseriges Stabeisen) oder bei Temperaturwechsel unter Luftabschluss (Stabeisen, Roheisen, Stahl) krystallinisch.

Schädlicher und günstiger Einfluss der Krystallisation.

Während die Entstehung krystallisirter Hüttenproducte für den Mineralogen und Geologen von grossem Interesse ist, so können dieselben dem Metallurgen häufig unerwünscht sein, wenn sie ihre Krystallisationsfähigkeit erst durch Aufnahme nutzbarer Bestandtheile erhalten (grüne eisenreiche Eisenhohofenschlacken, Eisenfrisch- und Puddelschlacken) oder strengflüssiger sind, als im amorphen Zustande (Mägdesprunger Eisenhohofenschlacken), oder an Geschmeidigkeit und Festigkeit verlieren (Pattinson'sches Blei, krystallinisches Stabeisen). Dagegen deutet aber auch zuweilen das Auftreten krystallisirter Producte auf eine normale Beschickung (Werfener Schlacken) und es können sich darin Substanzen concentrirt

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 405, 413 (mit Abbildungen).

haben, welche man im Rohmaterial nicht nachweisen konnte (Cyanstickstoff- oder Hohofentitan, Kupferglimmer, arsenige Säure beim Rösten).

117. Educte. Die beim Hüttenprocesse ausgebrachten verkäuflichen Metalle (Blei, Cadmium, Eisen, Gold, Kupfer, Nickel, Platin, Quecksilber, Silber, Wismuth, Zink, Zinn) oder Metalloide (Schwefel, Antimon, Arsen), welche je nach dem Grade ihrer Reinheit mit der Bezeichnung fein, affinirt, raffinirt (S. 32), gaar und roh belegt werden.[1] Begriff.

118. Fabrikate. Zusammengesetzte Handelsproducte, welche als solche nicht im Erze existirten, sondern sich erst bei den Hüttenprocessen als Haupt- oder Nebenproducte gebildet haben (Stahl, Hartblei[2]), Antimonium crudum[3]), weisses Arsenglas[4]), Realgar und Rauschgelb, Kaufglätte). Begriff.

119. Zwischenproducte. Bei Erzeugung der Educte gefallene metallreichere Producte, welche als solche nicht nutzbar sind, sondern einer noch weiteren Verarbeitung bedürfen. Es gehören hierher:

1) Metalle in feinzertheiltem Zustande (Quecksilberstupp[5]), Zinkstaub[6]).

2) Legirungen, von deren Constitution und Zersetzungsweise bereits S. 15 die Rede war (güldisches Silber, gold- und silberhaltiges Werkblei[7]), Blicksilber, Gold- und Silberamalgam, Schwarzkupfer[8]), Werkzinn[9]), Frischstücke, Kiehnstöcke, Werkzink, Zinnbleilegirung vom Frischen des Abstrichs in Freiberg).

3) Leche oder Steine (Schwefelmetalle). Dieselben sind entweder unerwünschte, bei der erforderlichen weiteren Verarbeitung zu Metallverlusten führende Zwischenproducte (kupferfreier silberarmer Bleiglanz) oder man erstrebt ihre Entstehung absichtlich, um zum Schwefel verwandte nutzbare Metalle (Kupfer, Silber[10]), Nickel u. s. w.) bei Schmelzprocessen in einem Steine anzusammeln und dadurch vor Verschlackung zu schützen. Die Erze enthalten für diesen Zweck entweder einen hinreichenden Schwefelgehalt, so dass sie im rohen Zustande verschmolzen werden können (kupferhaltige Bleiglanze bei der Niederschlagsarbeit), oder sie müssen bei einem Ueberschuss an Schwefel geröstet werden (Kupferkies mit mehr oder weniger Schwefelkies gemengt, der Röstreductionsarbeit zu unterwerfende Bleierze), oder es fehlt an Schwefel und es bedarf dann beim Schmelzen eines Entstehung.

---

1) Neuere Analysen von Metallen und Nichtmetallen in Kerl, Grundr. d. Eisen- und Metallhüttenkunde; ferner: Antimon: B. u. h. Ztg. 1866, S. 24, 80, 135; 1868, S. 49. Blei: B. u. h. Ztg. 1862, S. 269, 320; 1864, S. 88, 321; 1865, S. 435; 1868, S. 283; 1869, S. 330; 1871, S. 143, 292; 1874, S. 183, 322, 413; 1875, S. 103; 1877, S. 427. Oest. Ztschr. 1870, No. 49; 1874, No. 34. Leoben. Jahrb. 19, 392; 26, 203. Kupfer: B. u. h. Ztg. 1862, S. 320; 1863, S. 386; 1864, S. 89, 322; 1865, S. 340; 1866, S. 173; 1867, S. 52; 1868, S. 284; 1869, S. 426, 447; 1870, S. 245; 1871, S. 291; 1874, S. 330; 1876, S. 416. Preuss. Ztschr. 17, 176. Leoben. Jahrb. 19, 395. Nickel: B. u. h. Ztg. 1863, S. 168; 1864, S. 323. Dingl. 170. 41. Wismuth: B. u. h. Ztg. 1864, S. 323. Wismuth in Blei: in B. u. h. Ztg. 1870, S. 215; 1874, S. 183. Zink: B. u. h. Ztg. 1861, S. 402; 1864, S. 323; 1866, S. 331; 1876, S. 215; 1877, S. 82, 171, 394. Zinn: B. u. h. Ztg. 1864, S. 323. Silber: B. u. h. Ztg. 1876, S. 330; 1877, S. 179. Schwefel: B. u. h. Ztg. 1870, S. 328; Leoben. Jahrb. 19, 396. 2) Neuere Hartbleianalysen: B. u. h. Ztg. 1864, S. 321; 1866, S. 356; 1867, S. 419; 1869, S. 426; 1870, S. 169; 1874, S. 130; 1877, S. 81. Aus Hartblei auskrystallisirtes Antimon: in Ztschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. 1875, Bd. 25, S. 574. B. u. h. Ztg. 1877, S. 295. 3) B. u. h. Ztg. 1864, S. 321. 4) B. u. h. Ztg. 1869, S. 216, 372. 5) B. u. h. Ztg. 1874, S. 246; 1879, S. 164. 6) B. u. h. Ztg. 1858, S. 123; 1859, S. 409; 1876, S. 215; 1877, S. 150, 394. Dingl. 229, 56. 7) B. u. h. Ztg. 1863, S. 90; 1869, S. 426; 1870, S. 246; 1871, S. 145. 8) B. u. h. Ztg. 1865, S. 412; 1866, S. 10, 81, 135; 1869, S. 446; 1870, S. 246. Oest. Ztschr. 1867, S. 3. Verhandl. d. naturh. Ver. v. Rheinl.-Westf. 1861, Bd. 18, S. 6. 9) B. u. h. Ztg. 1864, S. 92. 10) Markus, Vertheilung des Silbers in Lechen in Oestr. Ztschr. 1855, S. 394; 1856, S. 105.

Zuschlages schwefelhaltiger Substanzen (Schwefelkies bei der Silber- und Goldroharbeit für erdige Erze, Schwerspath, Gyps oder Glaubersalz neben Arsenkies bei kobalt- und nickelhaltigen Kupfergaarschlacken; Schwefelkies bei chlorirender Röstung behuf Bildung von Schwefelsäure zur Zerlegung des Kochsalzes). Auch beim reducirenden Schmelzen von schwefelsauren Salzen (geröstete Erze und Leche, schwerspäthige Erze) entstehen Steine, wenn man durch einen Zusatz von Kieselsäure beim Rösten die Schwefelsäure nicht vorher ausgetrieben hat (Bleiarbeit zu Commern und Stolberg). Beim Verschmelzen schwerspäthiger Erze[1]) können Schwefelbarium enthaltende Leche entstehen, welche wegen geringeren specifischen Gewichtes sich zwischen Stein und Schlacke absetzen und zu Metallverlusten führen. Zinkblende kann ähnliche Gebilde (Skumnas, Schaumsteine) erzeugen.[2]) Beim Zusammentreffen mit Wasser können flüssige Leche Explosionen geben.[3])

Zersetzung. Die Mittel zur Zerlegung der Schwefelmetalle sind S. 18 aufgeführt. Meist werden dieselben geröstet und einem reducirenden und solvirenden Schmelzen unterworfen (Bleierze und Bleisteine, Kupfererze und Kupfersteine, Rohsteine), um entweder die nutzbaren Metalle sofort auszuscheiden oder sie vorher erst an Schwefel gebunden zu concentriren. Beim Rösten der Leche können interessante Röstproducte in Gestalt von Metallen, Schwefelmetallen, Oxyden, Sauerstoff- und Haloidsalzen entstehen.[4]) Beim Verblasen der Steine zur Concentration eines Nickel- oder Kupfergehaltes oxydirt sich vorwaltend Eisen; auch hat der Schwefel bis zu einem gewissen Grade weniger Verwandtschaft zu Sauerstoff als Eisen.[5])

Constitution.[6]) Die wesentlichen Bestandtheile[7]) der Steine sind die Sulfurete von Eisen, Kupfer und Blei, zuweilen von Nickel, untergeordnet von Zink, Mangan und Silber und in sehr geringen Mengen von Antimon und Arsen. Die Leche enthalten entweder so viel Schwefel, dass in denselben die auch als solche in Mineralien vorkommenden Verbindungen von FeS, PbS, Cu_2S, ZnS, NiS, MnS, AgS vorhanden sein können (Rohsteine von Kuferschiefern, von Rammelsberger Kupfererzen, englische Erz-, Concentrations- und Schlackensteine vom Flammofenbetrieb, kupferreiche Bleisteine von Emser und Holzappler Hütte) oder es ist weniger Schwefel vorhanden, um obige Schwefelungsstufen zu bilden (Kupfersteine- und zwar von Freiberg, Sulu- und Dünnstein von Fahlun und Garpenberg, Spur, und Dünnstein vom Kupferschieferschmelzen, Roh- und Spurstein von den Siegener Hütten, Metallsteine vom englischen Flammofenprocess; Bleisteine vom Oberharz, von Freiberg, Poullaouen, nickelhaltige Concentrationssteine von Dillenburg).

Schwefelreiche Steine.

Schwefelarme Steine.

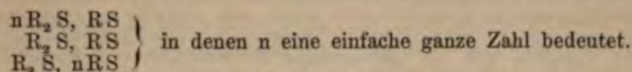
Zur Erklärung des letzteren Verhaltens muss man annehmen, dass entweder den Lechen, wie auch wirklich beobachtet wird, Metalle beigemengt sind (Kupfer in Kupfersteinen, Blei in Bleisteinen, Ni_2Fe in Nickelsteinen), oder dass ausser Cu_2S noch andere Halbsulfurete, welche als solche bekannt (Fe_2S, Pb_2S), anwesend sind oder beides zugleich. Reicht aber der durch die Analyse gefundene Schwefelgehalt, selbst unter Annahme der Anwesenheit von freien Metallen in grösserer Menge, auch nicht aus, um solche Halbschwefelmetalle zu bilden (Bleistein von Pezey nach Berthier mit 5 Proc. Schwefel, bleihaltiger Kupferstein von Freiberg nach Kersten), so ist in die Richtigkeit der Analyse Zweifel zu setzen, da sich dieses Verhalten zur Zeit anderweitig nicht deuten lässt.

---

1) Kerl, Oberharzer Hüttenprocesse 1860, S. 371. B. u. h. Ztg. 1860, S. 184. 2) B. u. h. Ztg. 1859, S. 72. 3) B. u. h. Ztg. 1860, S. 136. 4) Kerl, Met. 1, 745. 5) B. u. h. Ztg. 1879, S. 20. 6) Bredberg in Erdm. J. f. ök. Chem. 5, 235; 12, 287. Pogg. Ann. 17, 268. Rammelsberg, chem. Metallurgie 1865, S. 48. Münster in B. u. h. Ztg. 1877, S. 195; 1879, S. 18. 7) Neuere Analysen. Kupfersteine: B. u. h. Ztg. 1865, S. 403, 410, 422, 457; 1869, S. 441, 446; 1870, S. 245. Bleisteine: B. u. h. Ztg. 1863, S. 90; 1864, S. 324; 1867, S. 419; 1869, S. 426; 1870, S. 246; 1874, S. 457 (nickelhaltig). Silberrohsteine: Oest. Ztschr. 1862, No. 40. B. u. h. Ztg. 1868, S. 284. Berggeist 1872, S. 17.

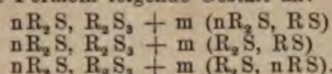
Steine als Schwefel-Salze.

Bredberg betrachtet die Leche, analog manchen natürlichen Mineralien, als Schwefelsalze, als Verbindungen elektropositiver, R_2S, und elektronegativer Schwefelmetalle, RS, berechnet, allerdings auf illusorischen Grundlagen, die relativen Mengen von Sulfureten und Halbsulfureten oft ein und desselben Metalles und stellt für die Leche den davon vorhandenen Analysen zufolge nachstehende Formeln auf:



$$\left.\begin{array}{r} nR_2S,\ RS \\ R_2S,\ RS \\ R_2S,\ nRS \end{array}\right\}\ \text{in denen n eine einfache ganze Zahl bedeutet.}$$

Gehen in die Verbindung noch Schwefelmetalle von der Zusammensetzung R_2S_3 ein, so nehmen die Formeln folgende Gestalt an:



$$nR_2S,\ R_2S_3 + m\ (nR_2S,\ RS)$$
$$nR_2S,\ R_2S_3 + m\ (R_2S,\ RS)$$
$$nR_2S,\ R_2S_3 + m\ (R_2S,\ nRS).$$

Da aber keins der die Steine bildenden wesentlichen Schwefelmetalle ein Sulfid ist (die Sulfide Schwefelantimon und Schwefelarsen spielen, wie bemerkt, ganz untergeordnete Rollen), so hat die Bredberg'sche Ansicht über die Constitution der Steine etwas Unwahrscheinliches, und nimmt deshalb Rammelsberg, gestützt auf die Thatsache, dass Cu_2S, PbS, FeS, ZnS für sich und in vielen Erzen isomorph sind (regulär krystallisiren) und auch in den Steinen diese Eigenschaft bewahren dürften, an, dass die Steine isomorphe Mischungen derselben sind, wobei man sich denken kann, dass kleine Mengen elektronegativer Schwefelmetalle (Schwefelantimon, Schwefelarsen) in Verbindung mit einer nicht näher zu bestimmenden Quantität der vorherrschenden elektropositiven Schwefelmetalle in chemischer Verbindung und diese der grossen Masse der letzteren beigemengt sind. Findet sich z. B. in einem Bleisteine eine geringe Menge, z. B. bis 1 Proc. Antimon, so enthält derselbe nach Vorstehendem etwas Schwefelantimoneisen und Schwefelantimonblei eingemengt.

Steine als isomorphe Gemische.

Nach der Rammelsberg'schen Ansicht bestehen der Mansfelder krystallisirte Kupferstein aus Cu_2S, FeS und die krystallisirten Oberharzer Bleisteine [1]) aus mPbS, nFeS, worin m : n wie 2 : 1, 4 : 3, 4 : 5, 2 : 3, 1 : 2.

Münster's Ansicht.

Nach Münster bestehen Steine aus einer ungleichartigen Masse, gewöhnlich aus Schwefelmetallen, regulinischen Metallen und Oxyden. Jeder dieser drei Hauptbestandtheile lässt sich wiederum mechanisch in verschiedene Theile trennen, deren Gegenwart man theils durch Ansehen, theils auf andere Weise erkennen kann. In den meisten Fällen ist der Stein paramagnetisch, verursacht durch die eingemengten Metalle Eisen, Nickel und Kobalt oder durch eisenoxydulhaltige Substanzen. Es kommt im Stein keine niedrigere Schwefelungsstufe des Eisens und Nickels vor, als FeS und NiS, wohl aber Cu_2S. Kupfersteine scheiden zuweilen beim Abstechen Haarkupfer [2]) aus, wahrscheinlich dadurch entstanden, dass sich beim Abstechen Kupferoxydul bildet, welches sich mit Schwefelkupfer umsetzt.

Schweder's Beobachtungen.

Schweder [3]) hat neuerdings über das Verhalten der Schwefelmetalle, namentlich des Schwefelnickels, wichtige Versuche angestellt, welche zum Theil zu anderen Ergebnissen als den S. 18 mitgetheilten führten. Derselbe hat aus seinen Versuchen folgende Schlüsse gezogen: a) Von den Metallen Cu, Ni und Fe hat gegenüber dem Schwefel der Sauerstoff die grösste Verwandtschaft zum Eisen, danach folgt Nickel und zuletzt Kupfer, so dass, wenn man eine Mischung von Sulphureten und Oxyden der obigen Metalle zusammenschmilzt, sich besonders Cu, nach ihm Ni in einem Steine ansammelt, während sich hauptsächlich das Fe, bei nicht genügend vorhandenem Schwefel auch Ni mit Sauerstoff verbindet und in die Schlacke geht. Ist weder genügend Schwefel noch Sauerstoff vorhanden, so werden sich Cu und Ni zum Theil als Metalle abscheiden, welche entweder mit den gegenwärtigen Sulfureten zusammenschmelzen oder als die specifisch schwereren Körper sich unter den Sulfureten am Boden des Schmelzgefässes absetzen. b) Kohlenoxyd und Wasserstoff üben in Glühhitze weder auf FeS, noch auf Cu_2S irgend eine nennenswerthe Reaction aus; dem FeS wird durch Glühen mit Kohle sein Schwefel nicht entzogen, wohl aber dem NiS und CoS, sowie auch durch Wasserstoff ein grosser Theil des Schwefels, wenn auch nur langsam unter Bildung von CS_2 und

---

1) Verfahren zur Bestimmung mechanisch eingemengten Bleies in Bleisteinen in Percy-Rammelsberg, Metallurgie, Blei, S. 210. 2) B. u. h. Ztg. 1855, No. 17; 1877, S. 220. 3) B. u. h. Ztg. 1878, S. 377 u. f.

H_2S, nicht aber vom Kohlenoxyd. c) Die Sulfate des Cu, Ni, Co und Fe werden durch Glühen mit Kohle, Kohlenoxyd und Wasserstoff reducirt, und zwar Kupfersulfat durch Kohle in eine Mischung von Cu und Cu_2S verwandelt, durch Kohlenoxyd und Wasserstoff aber zu Cu reducirt; Nickel-, Kobalt- und Eisensulfat werden durch alle drei Reagentien zu ihren Sulfureten RS reducirt, denen sich ein Theil der Basis als Oxyd oder Metall mechanisch beimengt und zwar sind diese Gemenge rein mechanisch und nicht, wie Arfedson annimmt, chemische Verbindungen, namentlich deuten die paramagnetischen Eigenschaften der meisten erhaltenen Sulfurete auf die mechanische Beimengung von Metallen. d) Durch Zusammenschmelzen von Ni und S entsteht NiS; FeS lässt sich durch Zusammenschmelzen von Fe und S nicht rein darstellen; Ni_2S und Fe_2S entstehen nicht durch Zusammenschmelzen von FeS mit Fe und NiS mit Ni, so dass die Subsulfurete nicht zu existiren scheinen, dagegen lösen in Schmelzhitze NiS metallisches Nickel, FeS metallisches Eisen und es scheiden sich beide Metalle beim Erkalten in Krystallen aus; wird FeS mit überschüssigem Fe oxydirend geschmolzen, so oxydirt sich zuerst allein ein Theil des Fe und erst, wenn so viel davon als Oxyduloxyd abgeschieden ist, dass der Regulus ungefähr FeS entspricht, oxydirt sich mit dem Fe auch der S. e) Von den Metallen Fe, Cu und Ni hat Fe die grösste, Ni die geringste Verwandtschaft zu Schwefel, so dass das Fe das Cu aus seiner Verbindung mit S ausscheidet und das Cu wiederum das Ni, es wird deshalb auch das Fe das Ni aus NiS ausfällen. f) Während Cu_2S mit CuO und $CuSO_4$ sich in Kupfer und schweflige Säure umsetzt ($Cu_2S + 2CuO = 3Cu + SO_2$ und $Cu_2S + CuSO_4 = 3Cu + 2SO_2$), so finden ähnliche Reactionen zwischen NiS, NiO und $NiSO_4$ nicht statt, ebenso wenig zwischen NiS und CuO, beziehungsweise Cu_2S und NiO. g) Durch oxydirendes Schmelzen eines Cu_2S, NiS und FeS und die Metalle Ni und Fe enthaltenden Steines wird zuerst alles Fe oxydirt, darauf das Ni, wobei sich bildendes NiO mit dem vorhandenen FeS in NiS und FeO umsetzt; nach diesem wird NiS oxydirt, dann Cu_2S, wobei aber eine Reaction zwischen Cu_2S und CuO stattfindet und sich metallisches Kupfer bildet, welches bei weiter fortgesetztem oxydirenden Schmelzen schliesslich auch oxydirt wird. h) Beim Zusammenschmelzen des Nickelsteins mit Kieselsäure und den Sulfaten von Baryum, Calcium, Natrium, Kupfer, Nickel und Eisen, sowie beim Vermischen und Schmelzen des mit Schwefelsäure eingetrockneten Steines mit Borax und Glas wird das Eisen nach der Oxydation durch den Sauerstoff der Schwefelsäure verschlackt ($SO_3 + Fe = FeO + SO_2$ und $3SO_3 + FeS = FeO + 4SO_2$). i) Salpeter oxydirt, namentlich bei Gegenwart von Kieselsäure, Eisen und Schwefeleisen ($2NaNO_3 + 3Fe + 4SiO_2 = Na_2SiO_3 + 3FeSiO_3 + NO_2$ und $2NaNO_3 + FeS + 2SiO_2 = Na_2SiO_3 + FeSiO_3 + SO_2 + NO_2$), dagegen konnte nicht, wie von R. v. Wagner angegeben, Schwefelnickel (Raffinationsstein) durch Schmelzen mit Salpeter und Soda in Nickel übergeführt werden, sondern es entstand immer ein Nickel einschliessender Stein.

Bessemerprocess. Es ist wiederholt (von v. Jossa[1]), Rittinger[2]) und Hollway[3])) empfohlen worden, gewisse Schwefelmetalle aus Erzen oder Lechen durch ein Bessemern derselben anzureichern und berechnet Hollway die bei der Oxydation von FeS entstehende Temperatur zu 2225°, von ZnS zu 1992°, von PbS zu 1863° C.; Bode[4]) giebt die Verbrennungstemperaturen von geschwefelten Erzen und Hüttenproducten wie folgt an: Schwefelkies 2586, Magnetkies 2698, Einfach-Schwefeleisen 2725, Kupferkies 2425, Kupferglanz 1976, Zinkblende 2850, Buntkupfererz 2246, Antimonglanz 2517, Mansfelder Rohstein 2391, desgl. Spurstein 2161 und Silberrohstein zu 2810° C.

Entstehung. 4) Speisen (Arsen- und Antimonmetalle). Dieselben entstehen beim Verschmelzen arsen- und antimonhaltiger Erze und Producte, namentlich bei Anwesenheit von Kobalt und Nickel, aber es nehmen an ihrer Bildung auch andere Metalle (Eisen, Kupfer, Blei, Wismuth, Gold, Silber) Antheil.[5]) Es scheint Arsen die grösste Ver-

---

1) B. u. h. Ztg. 1871, S. 7, 17, 30, 57. 2) Oestr. Ztschr. 1871, No. 35. 3) B. u. h. Ztg. 1879, S. 151, 157. 4) Bode, die Schwefelsäurefabrikation 1872, S. 4, 63. 5) Neuere Analysen: Nickelspeise: B. u. h. Ztg. 1861, S. 349; 1864, S. 323. Kupfer- und Bleispeisen: B. u. h. Ztg. 1864, S. 323; 1865, S. 403; 1867, S. 419; 1869, S. 426. Oestr. Ztschr. 1867, S. 3. Analysirverfahren in B. u. h. Ztg. 1865, S. 411.

andtschaft zu Nickel, Kobalt und Eisen zu besitzen, während sich ntimon lieber mit Blei, Silber und Gold vereinigt. Bei steigendem isengehalte können die Speisen in Sauen übergehen. Häufig sind en Speisen Schwefel-, auch wohl Siliciummetalle beigemengt und rystallisirte Speisen zeigen ein bestimmtes atomistisches Verhältniss wischen Arsen und basischen Metallen, z. B. RAs, R_3As_2, R_2As, R_5As_2. ei blättrigem oder körnigem Gefüge besitzen dieselben eine weisse arbe und starken Metallglanz, doch kommen auch stahlgraue bis hwarze, hellspeissgelbe bis messinggelbe Farben vor. Nach ihrem pecifischen Gewichte setzen sie sich zwischen Metall und Lech ab nd nehmen leicht beim Erstarren Theile von beiden auf, was ihre irkliche Zusammensetzung alterirt.

Zersetzung.

Von der Zersetzung derselben war bereits S. 20 die Rede.

Beispiele.

Nickelspeise vom Verschmelzen reiner kobalthaltiger Nickelerze (Arsenckel) enthält R_2As, seltener R_3As_2, worin R = Ni, Co, Fe, mit zuweilen geringen lengen geschwefeltem Fe, Cu, Pb und Sb. — Kobaltspeise von Blaufarbenwerken esteht meist aus $(Ni, Co)_3As_2$, seltener $(Ni, Co)_2As$, mit eingemengtem Bi und isweilen Fe_nAs und AgS oder Cu_2S. — Bleispeise vom Verschmelzen arsen- und ckelhaltiger Bleierze enthält hauptsächlich $(Fe, Ni, Co)_2As$ in veränderlichen Quanten er basischen Metalle und beigemengte Schwefelungen von Cu, Fe, Pb, Ag, Zn, Sb. - Kupferspeise, oft mit bedeutendem Antimongehalte, vom Verschmelzen antimonnd arsenhaltiger Kupfererze.

Allgemeines.

5) Kohlenstoffmetalle. Kurze Andeutungen über dieselben nd S. 21 gemacht; das Nähere darüber im Grundriss der Eisenüttenkunde.

Beispiele.

6) Oxyde. Hierher gehören hauptsächlich die Producte vom btreiben des Werkbleies (Frischglätte[1]), Abstrich[2]), Abzug, leiischer Herd[3])), vom Silberraffiniren (Testasche[4])), vom Glühen er Metalle (Eisen[5])- und Kupferhammerschlag), vom Darren er Kienstöcke (Pickschiefer), Krätzen von der Bleiraffinaon u. s. w.

Entstehung.

7) Metallsalze, seltener von trockenen Processen (geröstete rze und Leche, metallreiche Schlacken), als von nassen herrührend netallhaltige Laugen von der Gold-, Silber- und Kupferextraction).

Begriff.

120. Hüttenabfälle. Hüttenerzeugnisse von untergeordneter Beeutung, welche entweder als nutzlos weggeworfen werden oder wegen nes Metallrückhaltes oder wegen flussbefördernder Eigenschaften wieder den Hüttenprocess kommen. Es sind hier anzuführen:

Entstehung.

A) Ofenbrüche, amorphe krystallinische oder krystallisirte Geilde an inneren Ofentheilen oberhalb des Schmelzraumes und in demlben, durch Sublimation (S. 382) oder Infiltration heissflüssiger lassen ins Gemäuer oder auf beiderlei Weise entstanden oder aus bersättigten flüssigen Verbindungen ausgeschieden u. dgl. m. und von er verschiedensten äusseren Gestalt.

Beispiele.

Solche Ofenbrüche[6]) können sein:

1) Neuere Analysen: B. u. h. Ztg. 1864, S. 321, 324; 1865, S. 436; 1867, S. 419; 1868, S. 284; 74, S. 413; 1877, S. 81. Oest. Ztschr. 1869, S. 364. 2) Pribramer Abstrich in Oest. Ztschr. 74, S. 319. 3) B. u. h. Ztg. 1868, S. 284. 4) Oest. Ztschr. 1874, No. 35. B. u. h. g. 1874, S. 413. 5) B. u. h. Ztg. 1864, S. 368; 1866, S. 323; 1867, S. 224. 6) Die nachlgenden Citate befinden sich nicht in Kerl's Met. und werden ergänzend hinzugefügt.

a) Metalloide. Graphit aus Roheisen ausgeschieden oder pulverförmiger Kohlenstoff[1]) aus Kohlendampf entstanden.

b) Metalle. Eisen, Blei (häufig silberreich) und Zink[2]) aus Eisenhohöfen, letzteres auch in Zinkoxyd[3]), Cadmium aus Bleiöfen.[4])

c) Legirungen. Antimonblei aus Bleiöfen, Eisenblei in Eisenhohofen-Eisensauen.

d) Schwefelmetalle. Schwefelzink, Schwefelblei, Schwefelantimon an oberen Theilen der Blei-, Kupfer-, Roh- und Eisenhohöfen (Gichtschwämme); Schwefelblei in Flammofenschlacken, welche zu Röststadeln benutzt worden[5]); Schwefelkupfer im Herd eines Freiberger Rohflammofens; Kupferkies und Buntkupfererz in der Sohle eines böhmischen Kupferofens, Schwefelmangan in Gestellmassen des Eisenhohofens; Schwefelkupferblei und Schwefelkupferantimonblei mit Blende u. s. w. aus einem Freiberger Flammofen; Schwefelarsen in Kupferöfen.

e) Oxyde. Zinkoxyd[6]) in Sublimaten der Blei-, Zink-, Roh- und Eisenhohöfen (Gichtschwämme, Ofengalmei, Fig. 322)); Magneteisen in einem Freiberger Rohflammofen, nebst Eisenglanz im Gestell der Eisenhohöfen; Mennige[7]) im Eisenhohofengestell; Cadmiumoxyd in Zinköfen; Zinnoxyd[8]) in Kupferflammöfen; Kupferoxyd in Freiberger Röstöfen; Rutil[9]) im Eisenhohofengestell. Die zinkischen Ofenbrüche werden häufig zur Zinkgewinnung angewandt (Unterharzer Ofengalmei, Gichtschwämme der oberschlesischen Hohöfen), auch wohl zur Chlorzinkfabrikation.

Fig. 322.



f) Säuren. Arsenige Säure in Kupferschiefer- und Bleiöfen; Kieselsäure (Eisenasbest, Eisenamyanth[10])) in Eisenhohöfen; antimonige Säure in Antimonöfen.

g) Sauerstoffsalze. Schwefelsaures Bleioxyd, Eisen- und Bleisilicat und molybdänsaures Bleioxyd in Bleiöfen; kohlensaures und phosphorsaures Bleioxyd in Eisenhohöfen, desgl. kohlensaure Alkalien; Feldspath in Kupferschiefer- und Eisenhohöfen, desgl. Mangankiesel und Olivin.

h) Haloidsalze. Chlorcadmium[11]) in Bleiöfen und im Zinkstaub, Chloralkalien[12]) von Kalium, Natrium, Lithium, Cyankalium[13]) und Cyanstickstofftitan (Hohofentitan $= Ti_5CN_4$ oder Ti_5N_3, CN) in Eisenhohöfen.

Entstehung. B) Geschur und Gekrätz. Beim Schmelzen gesammelte metallische Abfälle (unreine Schlacken, Krätzen vom Saigern

1) B. u. h. Ztg. 1877, S. 35, 277. Journ. of Iron and Steel Inst. 1876, No. 1, p. 85. Engin. and Min. Journ. 1878, Vol. 25, No. 13, p. 216. Dingl. 230, 510. Iron 1878, Vol. 25, No. 13, p. 216. Gruner in Ann. d. min., livr. 1 de 1879. 2) B. u. h. Ztg. 1866, S. 340. 3) B. u. h. Ztg. 1861, S. 280. 4) B. u. h. Ztg. 1870, S. 52. 5) B. u. h. Ztg. 1862, S. 12. 6) Berggeist 1863, S. 247. B. u. h. Ztg. 1865, S. 195; 1870, S. 82; 1871, S. 291. Sublimationen der Zinkhalden in B. u. h. Ztg. 1861, S. 185. Berggeist 1861, S. 436. 7) B. u. h. Ztg. 1869, S. 107. 8) Percy's Metallurgy 1861, 1, 374. 9) B. u. h. Ztg. 1862, S. 98; 1869, S. 107. 10) B. u. h. Ztg. 1877, S. 279. 11) B. u. h. Ztg. 1870, S. 52. 12) B. u. h. Ztg. 1875, S. 47. 13) B. u. h. Ztg. 1866, S. 304; 1867, S. 224; 1878, S. 264. Liebig's Jahresber. 1865, S. 291. v. Kerpely, Fortschr. 3, 88.

silber- und kupferhaltigen Bleies und eisenhaltigen Zinnes, Krätzen vom Umschmelzen, Saigern und Raffiniren von Blei), beim Ausräumen des Schmelzherdes nach dem Abstechen erfolgende Producte (Härtlinge, Bühnen), beim Ausschuren der Oefen erfolgende Massen (Beschickungsbestandtheile, metallhaltiger Brennstoff, Ofenbaumaterial mit metallischen Ansätzen, Eisensauen u. s. w.). Diese Substanzen werden seltener abgesetzt, als beim Hüttenprocess wieder zugeschlagen oder zuvor aufbereitet (Krätzschlieg) oder besonderen Operationen unterworfen.

Eisensauen.

Interessante, obwohl meist unerwünschte Producte sind hinsichtlich ihrer Zusammensetzung die namentlich bei fehlerhafter Beschickung oder Ofenconstruction in Blei-, Kupfer-, Zinnöfen u. s. w. sich auf der Ofensohle ansetzenden Eisensauen [1]) (Bühnen, Wölfe, Bären, Härtlinge), mehr oder weniger gekohltes und danach härteres oder weicheres Eisen, in welchem sich andere Metalle (Ni, Co, Cu, Ag, Au, Pb, Zn, Mo, Wo u. s. w.) legirt oder an Schwefel, Antimon, Arsen, Silicium oder Phosphor gebunden ansammeln können. Nach Münster [2]) entstehen die Eisensauen ausser durch Reduction von Eisenoxyd auf die Weise, dass metallisches Eisen von Schwefeleisen aufgelöst und beim Sinken der Temperatur wieder ausgeschieden wird, z. B. im Herde. In Kongsberg [3]) erstrebt man bei der Rohsteinrostarbeit eine Sauenbildung, weil dann weniger Silber verschlackt werden soll. Damit die Sauen nicht zu stark werden, hebt man sie zuweilen mit Brechstangen in die Höhe und lässt Stein darunter laufen, welcher sie zum Theil wieder löst. Bei einem grösseren Schwefelgehalte lassen sie sich leichter zerkleinern, sind aber meist sehr hart; zu ihrer Zerkleinerung hat man in dem Dynamit ein ausgezeichnetes Mittel. Es sind die Sauen u. A. benutzt [4]): als Niederschlagsmittel bei der Bleiarbeit (Schemnitz), auf Kupfer durch Verblasen (Atvidaberg, Schmöllnitz), auf Kupferstein durch Verschmelzen der gerösteten zerkleinten Masse mit Schwefelkies, auch Schwefel oder Glaubersalz und Kohle im Flammofen (Szaszka, Sibirien), oder durch Verblasen im kleinen Gaarherde unter Aufstreuen von geschwefeltem Erz oder Kupferstein (Ringeriges Nickelwerk), auf Stahl oder Stabeisen [5]), auf Gold und Silber durch Auflösen in Säuren (in Fahlun mittelst wässriger schwefliger Säure).

Bestandtheile.

C) Flugstaub (Ofenrauch, Hüttenrauch, Fluggestübbe, Hüttennicht). Derselbe besteht, aus Blei- [6]), Silber-, Kupfer- und Zinnöfen erfolgt, im Wesentlichen aus Metalloxyden (Bleioxyd, Zinkoxyd, Eisenoxyd), Metallsäuren (arsenige und antimonige Säure) und kohlensauren, schwefelsauren, arsensauren und antimonsauren Salzen der ersteren, gemengt mit Erzstaub, Aschenbestandtheilen, Thon, Kalk, Kohle u. A., zuweilen mit Selen [7]), Thallium [8]) und Indium [9]), bei Röstungen mit Kochsalz auch aus Metallchloriden. Der Rauch der Eisenhohöfen [10]) (Gichtsand, Gichtrauch) ist reich an Kieselsäure (bei Zerlegung von Schwefel-, Fluor-, Chlor- oder Stickstoffsilicium durch Wasserdämpfe abgeschieden) und Alkalisalzen und enthält ausserdem Metalloxyde (Zinkoxyd, Bleioxyd, Eisenoxyd, Manganoxyd)', Thon, alkalische Erden, Kohle u. A. Auch hat man im Gichtstaub einen Jodgehalt [11]) und Thallium gefunden. Während der Gichtrauch der Eisenhohöfen selten (zuweilen auf Zink) noch weiter benutzt wird, findet der Rauch aus anderen Oefen man-

1) B. u. h. Ztg. 1877, S. 305. 2) B. u. h. Ztg. 1877, S. 220; 1879, S. 18. 3) Berggeist 1872, S. 17. B. u. h. Ztg. 1877, S. 220. 4) Kerl, Met. 1, 802. 5) B. u. h. Ztg. 1862, S. 264. 6) B. u. h. Ztg. 1863, S. 91; 1874, S. 457. 7) Wagn. Jahresber. 6, 177. 8) Dingl. 168, 438, 444. 9) B. u. h. Ztg. 1866, S. 380. 10) Neuere Analysen: B. u. h. Ztg. 1863, S. 439; 1865, S. 419; 1866, S. 239, 324; 1868, S. 284; 1876, S. 207, 239, 402, 412, 437. Revue univers. 1862, p. 213. v. Kerpely's Fortschr. 2, 111; 5, 137. Preuss. Ztschr. 19, 74. Percy-Wedding's Eisenh., 2. Abth., S. 353. 11) B. u. h. Ztg. 1868, S. 314.

nigfache Verwendung, z. B. zur Gewinnung von Chlorzink, Selen und Thallium, als Zuschlag bei den Schmelzprocessen u. s. w.

Entstehung.

D) **Rückstände.** Dieselben, von der verschiedensten Zusammensetzung, erfolgen bei der Verarbeitung der Erze sowohl auf trocknem Wege (Zink- und Quecksilberdestillation, Arsengewinnung, Bleiflammofenprocess) als auch auf nassem (Amalgamationsprocesse, Extraction von Kupfer und edlen Metallen). Dieselben werden entweder abgesetzt (zumeist die Rückstände von der Erzamalgamation und der Zinkgewinnung) oder einer weiteren Behandlung auf mechanischem Wege (manche Rückstände von der Zinkdestillation, vom Kärthner Bleiflammofenprocess) oder auf chemischem Wege unterworfen (Rückstände von der Amalgamation und Extraction von Kupferlechen und Schwarzkupfer).

Schlackenarten.

E) **Schlacken.**[1]) Die bei Hüttenprocessen als Abfälle erfolgenden Schlacken können ihren Bestandtheilen nach sein:

Oxydschlacken.

a) **Oxydschlacken**, in den verschiedensten Verhältnissen zusammengeschmolzene, bei oxydirenden Schmelzungen entstandene Oxyde mit beigemengten Silicaten, welche die Kieselsäure entweder aus dem Herdmaterial (Kupfergaar- und Verblasenschlacken) oder dem Rohmaterial durch Oxydation von Silicium genommen haben (sehr gaare Eisenfrischschlacken).

Beispiele.

Kupfergaarschlacken[2]) bestehen aus $\dot{Pb}$, $\dot{Cu}$, $\dot{Ni}$, $\dot{Co}$, $\dot{Fe}$, $\bar{\dddot{Al}}$, $\dddot{Si}$, u. s. w. und nähern sich zuweilen der Zusammensetzung



$$m\dot{R}_2\dddot{Si} + \bar{\dddot{Al}}\dddot{Si} = m\dot{R}_2\dddot{Si} + \bar{Al}_2\dddot{Si}_3 = mR_2SiO_4 + Al_2SiO_{12}$$

zuweilen mit Einschlüssen (Kupferkrystalle, Kupferoxydul, arsenige Säure, arsensaures Nickeloxyd und Kupferoxydul). — Kupferverblasenschlacken[3]) enthalten hauptsächlich $\dot{Pb}$, $\dot{Cu}$, $\dot{Ni}_3\ddot{\bar{As}}_2$, ausserdem $\dddot{Si}$, $\bar{\dddot{Al}}$, $\dot{Ca}$, $\dot{Fe}$, $\dot{Co}$, $\dot{Mn}$, $\dot{Zn}$, $\dddot{Sb}$, $\dddot{S}$ nebst eingemengten Metalltheilen, einem Gemisch von Cu, Pb, Ni, Fe, As, Sb. — Gaare Eisenfrischschlacken[4]) sind $m\dot{Fe}_2\dddot{Si} + n\dot{Fe}_4\dddot{Si} = m\dot{Fe}_2\dddot{Si} + n\dot{Fe}_4\dddot{Si} = mFe_2SiO_4 + nFe_4SiO_6$, mit beigemengtem $\dot{Fe}\bar{Fe}$.

Silicatschlacken.

b) Silicatschlacken, den Sauerstoffsalzen angehörige Verbindungen der Kieselsäure mit Basen, hauptsächlich Kalkerde, Magnesia und Thonerde, häufig Mangan- und Eisenoxydul, untergeordnet Alkalien, Baryterde, Zinkoxyd und den Metalloxyden, deren Metall durch den betreffenden Schmelzprocess ausgebracht werden soll, als: Bleioxyd, Kupferoxydul, Zinnoxyd u. s. w. Als Stellvertreter für Kieselsäure können vorkommen: geringe Mengen von Phosphor-, Schwefel-, Antimon-, Arsen-, Wolfram-, Chrom-, Vanadin-, Titan- und Molybdänsäure, und ausserdem finden sich in Schlacken in Folge unvollkommener Absonderung Körner des auszubringenden Metalles, von Stein und Speise, sowie mit den Silicaten zusammengeschmolzene Fluor-, Phosphor- und Schwefelverbindungen.

Schwefel in den Schlacken.

Ein Schwefelgehalt der Schlacken, beim Uebergiessen mit Wasser oder bei Behandlung mit Säuren als Schwefelwasserstoff sich entwickelnd, ist bald

1) Kerl, Met. 1, 810. Percy, Met. 1875, 1, 46. Rammelsberg, Met. 84, 115, 165.
2) Kerl, Met. 1, 810. Rammelsberg, Met. 34, 115, 165. 3) Kerl Met. 1, 857.
4) Ebend. 1, 866.

wünscht, wenn der Schwefel das Hauptproduct verunreinigen würde (Schwefelcium, Schwefelbarium, Schwefelmangan in Eisenhohofenschlacken), bald unwünscht, wenn der Schwefel andere nutzbare Metalle in die Schlacke zieht B. Schwefeleisen und Zinkblende einen Kupfer- und Silbergehalt bei Blei-, pfer- und Silberhüttenprocessen) oder zur Bildung von zwischen Stein und dacke stehenden Producten (Skumnas [1])) Veranlassung giebt, welche wegen unlständiger Separation Metallverluste herbeiführen (Zinkblende, Schwerspath). ch den Untersuchungen von Mrázek [2]) dürften solche auch mit bewaffnetem ge nicht wahrzunehmenden und mit beigemengten Steintheilchen nicht zu verhselnden Schwefelmetalle nicht in chemischer Verbindung, als Sulfosilicate, Le Play [3]) meint, oder als Oxydsulfurete in den Schlacken zurückgehalten den, sondern durch mechanische Molekularwirkung, durch Adhäsion, ähnlich Kupferoxydul von Kupfer. Namentlich geht Zinkblende als solche gern in Schlacke und scheint dieselbe die Auslöslichkeit des Einfachschwefelens, nicht die des Halbschwefeleisens, in der Schlacke zu begünstigen. Nach rcy [4]) rührt der Schwefelgehalt in Kupferschlacken wahrscheinlich nur von einnengtem Stein her. Besondere Neigung, Schwefelmetalle aufzunehmen, zeigen gulo- und noch basischere Silicate (kalkreiche Eisenhohofenschlacken, eisenche Kupfer- und Bleischlacken), weshalb man, soll Schwefel entfernt werden, Singulosilicate, und soll sich Stein erzeugen, auf Bisilicate hin arbeitet. Schwefeltalle färben die Schlacken mehr oder weniger dunkel.

Wichtigkeit der Kenntnisse über Schlackenbildung.

Die Kenntniss von dem Verhalten der Silicatschlacken (Zusammenzung, Schmelzbarkeit, Flüssigkeitsgrad, specifisches Gewicht, Structr, Färbung u. s. w.) ist für den Hüttenmann von grosser Wichtigit, weil bei jedem normalen Schmelzprocesse Schlacken von bemmten Eigenschaften erfolgen, bei deren Veränderung der Gang s Processes gestört wird. Die Erfahrungen über die relative hmelzbarkeit der Silicate und ihrer in den Schlacken enthaltenen ttigungsstufen lassen die Herstellung einer richtigen Beschickung , wenn man die Zusammensetzung von Erz, Zuschlag und Brennterialasche kennt.

Aluminatschlacken.

c) Aluminatschlacken. Nach der in der Mineralogie von onsdorf angenommenen Hypothese, dass analog zusammengesetzte licate und Aluminate, z. B. $\dot{R}\ddot{S}i = RSiO_3$ und $\dot{R}_3\ddot{\bar{A}}l_2 = R_3Al_2O_9$ Augiten und Hornblenden, isomorph seien, hat man wohl, da hlacken von Augitform vorkommen, die Thonerde als elektronegaen Bestandtheil in letzteren betrachtet und nennt sie dann Alumitschlacken, welche auch Gemenge oder chemische Verbindungen von licaten und Aluminaten sein können. Da, wie aus dem Folgenden her hervorgeht, ein Hauptmittel zur Charakterisirung der Schlacken s Verhältniss des Sauerstoffs der Kieselsäure zu dem der Basen , so erhält man verschiedene Resultate, je nachdem man die onerde als Säure oder als Base ansieht. Bei geringen Thonerdengen ist Dieses von wenig Einfluss und bei grösseren berechnet n, da die Kenntnisse von den Eigenschaften der Aluminate noch hr lückenhaft sind, die Thonerde für praktische Verhältnisse am sten als Base.

Manche Kohleneisensteine sind reich an Thonerde und richtet man dann ren Beschickung so ein, dass der Kieselsäuregehalt den der Thonerde (20—30 c. höchstens) bedeutend überragt. [5])

---

1) Kerl, Met. 1, 468, 744; 2, 169, 351, 419. 2) B. u. h. Ztg. 1864, S. 315. 3) Le ay, Waleser Kupferhüttenprocesse, deutsch v. Hartmann 1851, S. 101. Percy, Met. 1861, 9. 4) Percy, Metallurgy 1861, 1, 344. 5) Kerl, Met. 1, 818.

Constitution der Silicatschlacken.

Nach den Untersuchungen von Berthier[1]), Bredberg[1]), Hausmann[1]), Winkler[1]), Plattner, Mitscherlich[1]), Sefström[1]), Lindauer[1]), Starbäck[1]), Fournet[2]), Percy[3]), Rammelsberg[4]), Leonhardt[5]) u. A. bestehen die Schlacken entweder aus einfachen Silicaten, chemischen Verbindungen der Kieselsäure mit nur Monoxyden (Kalk, Magnesia, Eisen- und Manganoxydul) als Basen, welche isomorph sind, oder meist aus Doppelsilicaten, Verbindungen von Monoxydsilicaten mit Sesquioxydsilicat, als welches nur das Thonerdesilicat auftritt. Krystallisirte Schlacken sind ohne Zweifel chemische Verbindungen, amorphe dann, wenn ihre Zusammensetzung dem Gesetze der Aequivalente entspricht oder zwischen dem Sauerstoffe der Säure und der Basen ein bestimmtes und einfaches Verhältniss herrscht. Es dürfte jedoch nach Rammelsberg nicht ausgeschlossen sein, dass Schlacken, deren Zusammensetzung kein einfaches, sondern ein intermediäres Sauerstoffverhältniss ergiebt, chemische Verbindungen sein können, da natürliche Silicate vorkommen, welche bei complicirten stöchiometrischen Verhältnissen als wahre chemische Verbindungen anzusprechen sind, z. B. Labrador, in welchem das Sauerstoffverhältniss von Basen zur Säure wie $1:1\frac{1}{2}$ ist. Sonst können amorphe Schlacken Gemenge verschiedener Sättigungsstufen sein.

Sättigungsstufen der Kieselsäure.

Als Sättigungsstufen der Kieselsäure (Sauerstoffverhältniss zwischen Säure und Basen) hat man in Schlacken nachstehende für sich oder in Verbindung mit einander beobachtet, wobei $\dot{R}$ Monoxyde, $\dddot{\bar{R}}$ Thonerde bedeutet und die Bezeichnungsweise eine andere ist, je nachdem man die Kieselsäure $= \dddot{\bar{Si}}$ [6]) oder $\ddot{Si}$ [7]) nimmt.

Da die relativen Sauerstoffmengen der Basen und der Kieselsäure sich gleich bleiben, so ist es für Berechnung von Beschickungen u. s. w. einerlei, welche der obigen Formeln man für Kieselsäure wählt. Bei Durchführung der Rechnung nach beiderlei unten folgenden Formeln zeigt sich erst in der zweiten Decimale eine aber für die Praxis zu vernachlässigende Differenz, was darin seinen Grund hat, dass die Differenz 6.55 der beiden Atomgewichte für Kieselsäure $\bar{Si} = 21.36$ und $\ddot{Si} = 14.81$ weder genau das Drittel der ersteren grösseren, noch genau die Hälfte der zweiten kleineren Zahl ist. [8])

---

1) Citate in Kerl, Met. 1, 812. 2) Ann. Chim. Phys. 3 sér. 4, 370. 3) Percy, Met. 1875, 1, 46. 4) Pogg. Ann. 74, 95. B. u. h. Ztg. 1848, S. 477. Rammelsberg, Handwörterbuch d. Mineralogie, Suppl. 4. Hft. 1849, S. 47. Dess. Metallurgie, S. 34, 115. 5) Hüttenerzeugnisse, S. 67. 6) Scheerer in Ann. d. Chem. u. Pharm. 116, 157. Pogg. Ann. 118, 182. B. u. h. Ztg. 1863, S. 86. 7) Rammelsberg, Handb. der Mineralchemie 1867, S. 143. 8) Oest. Ztschr. 1870, No. 2; 1871, No. 32.

Sauerstoff-verhältn. Basis : Säure.	Chemische Bezeichnung.	Metallurg.-Bezeichnung.	Kieselsäure = $\dddot{Si}$ Dualistische Formeln nach den alten Aequivalentgewichten.	
1 : 3	Neutr. Silicat.	Trisilicat.	$\dot{R}\dddot{Si}$ oder $\dddot{R}\dddot{Si}_3$	
1 : 2	$^2/_3$ „	Bisilicat.	$\dot{R}_3\dddot{Si}_2$ „ $\dddot{R}\dddot{Si}_2$	
1 : $1^1/_2$	$^1/_2$ „	Sesquisilicat.	$\dot{R}_2\dddot{Si}$ „ $\dddot{R}_2\dddot{Si}_3$	
1 : 1	$^1/_3$ „	Singulosilicat.	$\dot{R}_3\dddot{Si}$ „ $\dddot{R}\dddot{Si}$	
2 : 1	$^1/_6$ „	Subsilicat.	$\dot{R}_6\dddot{Si}$ „ $\dddot{R}_2\dddot{Si}$	
Sauerstoff-verhältn. Basis : Säure.	**Chemische Bezeichnung.**	**Metallurg.-Bezeichnung.**	**Kieselsäure = $\dddot{Si}$ Dualistische Formeln.**	**Molekulare Formeln nach den neuen Atomgewichten. 1)**
1 : 3	$1^1/_2$fach. Silic.	Trisilicat.	$\dot{R}_2\dddot{Si}_3$ oder $\dddot{R}_2\dddot{Si}_9$	$R_2Si_3O_8$ oder $\bar{R}_2Si_9O_{24}$
1 : 2	1 „ „	Bisilicat.	$\dot{R}\dddot{Si}$ „ $\dddot{R}\dddot{Si}_3$	$RSiO_3$ „ $\bar{R}Si_3O_9$
1 : $1^1/_2$	$^3/_4$ „ „	Sesquisilicat.	$\dot{R}_4\dddot{Si}_3$ „ $\dddot{R}_4\dddot{Si}_9$	$R_4Si_3O_{10}$ „ $\bar{R}_4Si_9O_{30}$
1 : 1	$^1/_2$ „ „	Singulosilicat.	$\dot{R}_2\dddot{Si}$ „ $\dddot{R}_2\dddot{Si}_3$	R_2SiO_4 „ $\bar{R}_2Si_3O_{12}$
$1^1/_2$: 1	$^1/_3$ „ „	Subsilicat.	$\dot{R}_3\dddot{Si}$ „ $\dddot{R}\dddot{Si}$	R_3SiO_5 „ $\bar{R}SiO_5$

Während bei Schlacken die Silicirungsstufe über Trisilicat wegen zu grosser Strengflüssigkeit nicht hinaufgeht (Quadrisilicat ist z. B. manches Fensterglas), und überall noch nicht feststeht, ob Trisilicate ihren hohen Kieselsäuregehalt nicht immer ausgeschiedenem Quarze verdanken (nach Rammelsberg sind Trisilicate vielleicht Verbindungen von Quadri- und Bisilicaten), so können Subsilicate von verschiedener Sättigungsstufe vorkommen (Schlacken vom Frischen, Puddeln und Schweissen des Eisens u. s. w.), insofern man letztere überall nicht als zusammengeschmolzene Gemenge von Singulosilicatschlacke mit variablen Mengen schmelzbarer Metalloxyde (Eisenoxyduloxyd, Kupferoxydul, Bleioxyd u. s. w.) ansehen will, wo sie dann in Oxydschlacken übergehen. Ueberschüssige unschmelzbare Basen, z. B. Kalk, vertheilen sich nicht gleichmässig in der Schlacke, desgleichen nicht ein Ueberschuss von Kieselsäure, welcher in mehr oder weniger grossen Quarzbröckchen sich in

---

1) R bedeutet zweiwerthige Elemente (Ca, Mg, Ba, Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Pb, Zn), $\bar{R}$ sechswerthige (Al); für einwerthige (K, Na, Ag) ist R zu verdoppeln. Typische Formeln in Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 14, 225. B. u. h. Ztg. 1870, S. 191; 1872, S. 201, 207, 253, 313, 352 (v. Kerpely); 1878, S. 72 (v. Kobell). Dingl. 212, 145 (Fischer).

der Schlacke ausscheidet (manche Kupferflammofenschlacken, Schlacken von kieselreichen Eisenerzen).

Die durch die chemische Analyse einer Schlacke gefundene Kieselsäuremenge lässt sich entweder

Gleichmässige Sättigungsstufen.

a) so auf die isomorphen Monoxyde und die Thonerde vertheilen, dass beide auf derselben Sättigungsstufe stehen.

Singulosilicate als Fayalith- oder Olivinschlacke $\dot{R}_2 \ddot{Si} = R_2 Si O_4$ (Schlacke vom Frischen, Puddeln und Feinen des Roheisens, vom Frischen, Puddeln und Schweissen des Stahls, vom Schweissen des Stabeisens, vom Verschmelzen eisenreicher Kupfer- und Bleierze, sowie vom Schwarzkupferschmelzen u. A.); als Humboldtilithschlacke, $6\ \dot{R}_2 \ddot{Si} + \bar{R}_2 \ddot{Si}_3 = R_{12} Si_6 O_{24} + R_2 Si_3 O_{12}$ (manche Eienhohofenschlacken). Bisilicate als Augitschlacken, $\dot{R} \ddot{Si} = R Si O_3$ (krystallisirte Hohofenschlacken, Schlacke vom Roheisenfeinen, $\dot{Fe}_2 \ddot{Si} = R_2 Si O_4$ und Kupfererzschmelzen).

Ungleichmässige Sättigungsstufen.

b) Oder die gefundene Kieselsäure reicht zur gleichmässigen Sättigung beider Glieder nicht hin, wo dann Verbindungen der verschiedenen Sättigungsstufen, z. B. von Singulo- und Bisilicaten (Freiberger Bleischlacken, Oberharzer Bleisteinschlacken, manche Cokes-Eisenhohofenschlacken), von Bi- und Trisilicaten (Holzkohlen-Eisenhohofenschlacken), von Singulo-, Bi- und Trisilicaten (Oberharzer Schliegschlacken) entstehen. Solche Verbindungen sind meist wohl Gemenge der einzelnen Silicirungsstufen, doch scheinen nach Rammelsberg[1]) auch Verbindungen von Singulo- und Bisilicaten unter den krystallisirten Hüttenproducten vorzukommen. Behuf Aufstellung einer Formel für solche Schlacken vertheilt man die Kieselsäure möglichst so, dass die Monoxyde keine höhere Sättigungsstufe bilden, als Sesquioxyde.

Eigenschaften der Schlacken.

Den Hüttenmann interessiren besonders nachstehende Eigenschaften der Silicate und der Schlacken.

1. Schmelzbarkeit.[2])

Dieselbe hängt von der Natur der Basen und deren Sättigungsgrade mit Kieselsäure ab und zwar lassen sich in Bezug hierauf nachstehende Grundsätze aufstellen:

Erden und einfache Silicate.

a) Die Erden (Thonerde, Kalkerde, Magnesia u. s. w.) und auch Kieselsäure sind in den gewöhnlichen metallurgischen Feuern nahezu unschmelzbar, sowie auch die aus Kieselsäure und einer Erde (Kalkerde, Thonerde, Magnesia) bestehenden Silicate für die Schlackenbildung zu strengflüssig sind, wohl aber, sowie auch theilweise erstere, ein feuerfestes Ofenbaumaterial (S. 203) geben (Quarz, Thon, Serpentin).

Schmelztemperaturen.

Nach Plattner sind Thonerdesilicate am strengflüssigsten und erweichen erst bei etwa 2400° C.; mit dem Thonerdegehalte nimmt die Feuerbeständigkeit[3]) zu; dann folgen die Talkerdesilicate bei 2200—2250° C., Baryterdesilicate bei 2100—2200° C., Kalkerdesilicate bei 2100—2150° C. (das Singulosilicat ist am strengflüssigsten, dann folgen Bi- und Trisilicat), Eisen- und

1) Rammelsberg's Metallurgie, S. 130. 2) Ueber Pyrometer: Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1879, S. 95. B. u. h. Ztg. 1879, S. 30, 123. Dingl. 230, 319 (Fischer). 3) Dingl. 170, 43; 196, 438.

Manganoxydulsilicate bei 1789—1832° C. (Das Eisenoxydul-Bisilicat mit 47 SiO_2 ist minder schmelzbar als das Singulosilicat mit 31 SiO_2, noch strengflüssiger als beide ist das Trisilicat mit 57 SiO_2; das Manganoxydul-Trisilicat ist strengflüssiger als das leichtflüssige Bisilicat und dieses viel leichtflüssiger als dasjenige des Eisens, während die Singulosilicate beider den gleichen Grad von Schmelzbarkeit zu haben scheinen.) **Kupferoxydulsilicate** sind leichtschmelzender, **Wismuth-** und **Bleioxydsilicate** noch leichtschmelziger (bei 1107° C.) und am leichtschmelzigsten die **Silicate der Alkalien**. Unschmelzbar sind die **Silicate des Zink-, Eisen- und Zinnoxydes**. Nach **Schinz**[1]) liegen die von **Plattner** gefundenen Schmelztemperaturen zu hoch und betragen z. B. für Eisenoxydul- und Manganoxydulsilicate nur 1000—1156°. Nach **Bischof**[2]) schmilzt in der Gusseisenschmelzhitze Eisenoxydul-Singulosilicat, weniger vollständig Bisilicat; in Gussstahlschmelzhitze der Reihe nach Kalkbi- und Singulosilicat, merklich strengflüssiger ist das Trisilicat und noch mehr das Eisenoxydultrisilicat; in gesteigerter Gussstahlschmelzhitze schmelzen Singulo- und Bisilicate von Magnesia, dann das Singulosilicat von Thonerde, merklich strengflüssiger sind Magnesiatri-, Thonerdebi- und Thonerdetrisilicat; Eisenspath schmilzt für sich leichter als Eisentrisilicat. — Während nach **Plattner**, **v. Mayrhofer**[3]), **Bischof** (c. l.) u. A. die Temperatur, welche zur Schmelzung der Silicate aus ihren Bestandtheilen erforderlich ist, weit höher liegt, als die Temperatur, bei welcher die bereits gebildeten Silicate wieder zum Fluss kommen, so bedarf dieses nach **Schinz** und **Percy** noch der Bestätigung. Dass beim Zusammenschmelzen der Ingredienzien zu einem Silicate wegen minderer Wärmeleitungsfähigkeit mehr Zeit erforderlich ist als zum Umschmelzen eines bereits gebildeten, ist selbstverständlich, aber daraus folgt noch nicht, dass sie nicht bei gleicher Temperatur in Fluss kommen. Erzeugungs- Umschm tempera

b) Die unschmelzbaren oder sehr strengflüssigen Silicate aus Kieselsäure und einer erdigen Base werden durch Zusatz eines schmelzbareren Silicates leichtschmelziger und zwar zuweilen in höherem Grade, als jedes der einzelnen für sich. Je mehr verschiedene Basen vorhanden, um so leichtflüssiger ist die Schlacke. Von diesen Doppelsilicaten sind diejenigen mit nur Monoxyden meist schwerschmelziger, also solche, welche neben Monoxydsilicaten Thonerdesilicat enthalten.

Die Angaben über die Grade der Schmelzbarkeit stehen zum Theil nicht mit einander im Einklang. Die von **Plattner** ermittelten Schmelztemperaturen sind oben angegeben. Am kräftigsten wirken als Flussmittel die **Alkalisilicate**, dann die **Eisenoxydul-** und **Manganoxydulsilicate**.

Nach **Richters**[4]) wird das Thonerdebisilicat in seiner Strengflüssigkeit am meisten beeinträchtigt durch Magnesia, dann folgen Kalk, Eisenoxydul und zuletzt Kali und zwar sind in ihrem Einflusse auf die Schmelzbarkeit der kieselsauren Thonerde 20 Theile Magnesia gleichwerthig 28 Theilen Kalkerde, 40 Theilen Eisenoxyd und 47.1 Theilen Kali. Nach **Bischof**[5]) erzeugt mit kieselsaurer Thonerde Kalkerde früher einen glasigen Bruch als Kali, und Magnesia steht zwischen beiden in der Mitte. Eisenoxyd verhält sich in der Temperatur unter Platinschmelzhitze indifferent.

c) Als **Grundlage für die Schlackenbildung** dienen die **Kalk-Thonerde-Silicate**, von welchen nach **Bodemann** ein aus 56 Kieselsäure, 30 Kalkerde und 14 Thonerde bestehendes **Bisilicat** von der Zusammensetzung Kalk-Thonerde-Bisilicat als Grundl. der Schlack



$$4\,\dot{C}a_2\,\ddot{S}i_2 + 3\,\bar{\bar{A}}l\,\ddot{S}i_2 = 4\,\dot{C}a\,\ddot{S}i + \bar{\bar{A}}l\,\ddot{S}i_3 = 4\,CaSiO_3 + AlSi_3O_9$$

am leichtschmelzigsten ist. Aus einem solchen Silicat bestehen nahezu die **Eisenhohofenschlacken** vom halbirten Ofengang bei Holzkohlen, nach **Plattner** bei etwa 1430° schmelzend.

---

1) B. u. h. Ztg. 1867, S. 88. 2) B. u. h. Ztg. 1862, S. 440. 3) Oest. Ztschr. 1861, S. 53, 60. 4) Dingl. 191, 59. 5) Dingl. 196, 438.

Das einfache Bisilicat, $\dot{C}a_3\,\ddot{S}i_2 + \bar{\dddot{A}}l\,\ddot{S}i_2 = 3\,\dot{C}a\,\ddot{S}i + \bar{\dddot{A}}l\,\ddot{S}i_3 = 3\,Ca\,Si\,O_3 + Al\,Si_3\,O_9$ enthält 57.23 Kieselsäure, 26.53 Kalkerde und 16.24 Thonerde, das Singulosilicat[1]) $\dot{C}a_3\,\ddot{S}i + \bar{\dddot{A}}l\,\ddot{S}i = 3\,\dot{C}a_2\,\ddot{S}i + \dddot{A}l_2\,\ddot{S}i_3 = 3\,Ca_2\,Si\,O_4 + Al_2\,Si_3\,O_{12}$ enthält 40.09 Kieselsäure, 37.17 Kalkerde und 22.74 Thonerde.

Beförderung der Strengschmelzigkeit.

α) Bedarf es einer strengflüssigeren Schlacke als des Bisilicates, z. B. meist beim Cokeshohofenbetriebe, so braucht das obige Erdenverhältniss nur geändert zu werden, indem sowohl Singulo-, als Trisilicat des Kalk-Thonerde-Silicates strengflüssiger sind, als das Bisilicat.

Wollte man die Strengflüssigkeit durch Steigerung des Kieselsäuregehaltes herbeiführen, so würde man beim Eisenhohofenbetriebe zur leichteren Verschlackung des Eisenoxyduls und zur vermehrten Reduction von in das Eisen gehendem Silicium Veranlassung geben, weshalb man selten den Trisilicaten sich nähernde Schlacken mit bis einige 60 Proc., selbst 70 Proc. Kieselsäure erzeugt, z. B. bei sehr kieseligen Erzen (sandreiche Raseneisensteine, Sphärosiderit aus dem Karpathensandsteine von Trzinitz, Sanderze aus dem Kupferschieferflötz). Cokesaschen sind meist Bisilicate, zuweilen mit etwas Trisilicat.

Durch Vermehrung des Thonerdegehaltes Strengflüssigkeit herbeizuführen, vermeidet man auch meist, weil über eine gewisse Grenze hinaus (gewöhnlich über 15 Proc.) schon geringe Mengen davon die Strengflüssigkeit zu sehr erhöhen und noch wenig gekannte Aluminatschlacken mit bis 30 Proc. Thonerde entstehen. Es ist zu berücksichtigen, dass mit einem Thonerdezuschlage (da Thonerde als Bauxit selten vorkommt) immer gleichzeitig ein Kieselsäurezuschlag (Thon, Thonschiefer, Schieferthon) gegeben wird.

Fast stets wendet man zur Steigerung der Strengflüssigkeit eine vermehrte Kalkerdemenge an, welche in der höheren Temperatur zur Abscheidung von Schwefel in der Schlacke beitragen und diesen, sowie einen zu grossen Siliciumgehalt vom Roheisen fern halten soll. Da Cokes mehr oder weniger Schwefel enthalten, so erklärt sich daraus der höhere Kalkzuschlag, als bei Holzkohlen; jedoch können die Cokesofenschlacken den Holzkohlenofenschlacken sich in ihrer Zusammensetzung um so mehr nähern, je schwefelärmer die Cokes sind. Um bei zu erzielenden hohen Graden der Strengflüssigkeit nicht zu viel Kalk anwenden und zu viel Schlacke erzeugen zu müssen, kann man einen Theil Kalk durch Magnesia (bis etwa 25 Proc.) in Gestalt von Dolomit oder Magnesit ersetzen. Sind Erze an und für sich zu reich an Magnesia, um eine hinreichend leichtflüssige Schlacke zu geben, so sucht man den Magnesiagehalt durch Kalkzuschläge herabzudrücken oder grössere Leichtflüssigkeit durch Eisen- und Manganoxydul enthaltende Zuschläge herbeizuführen. Geringe Mengen von Magnesia (bis nicht viel über 5 Proc.) befördern die Schmelzbarkeit (S. 395), grössere Mengen erhöhen, wie bemerkt, die Strengflüssigkeit und beeinträchtigen das Aufnahmevermögen des Schwefels als Schwefelcalcium. Bei den meist thonerdearmen nordamerikanischen Eisenerzen[1]) zieht man einem Zuschlage von Kalkstein einen solchen von Dolomit mit 12—18 Proc. Magnesia vor, welche letztere die Thonerde vertreten soll, immer aber strengflüssige Schlacken giebt. Durch Vermehrung des Kalkgehaltes gehen die Cokeshohofenschlacken in Gemenge von Bi- und Singulosilicaten über, selten entstehen bei sehr grosser Strengflüssigkeit Subsilicate (z. B. bei sehr schwefelreichen Erzen oder Brennmaterialien, bei Darstellung von manganreichem Roheisen), welche wenig Zusammenhang haben und an der Luft leicht zerfallen. Ein Zuschlag von Kalk kann verschieden wirken, je nachdem derselbe rein ist (Marmor, Kreide, Kalktuff), oder mehr oder weniger Magnesia (Dolomit), Manganoxydul (Braunspath) oder Thon (Kalkstein- und Dolomitmergel) enthält.

---

1) B. u. h. Ztg. 1877, S. 231.

Beispiele für Kalk-Thonerde-Schlacken von verschiedenem Silicirungsgrad.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l
Kieselsäure .	63.33	59.65	57.43	54.70	55.25	48.38	34.26	36.37	28.32	32.22	18.8
Thonerde . .	11.66	5.54	7.83	1.54	5.71	18.17	15.60	15.36	24.24	27.81	12.3
Kalkerde . .	22.60	27.79	23.40	23.56	27.60	19.50	39.48	38.09	40.12	17.35	56.3
Magnesia . .	1.30	1.09	0.87	15.37	7.01	3.02	2.56	5.51	2.79	5.57	0.5
Manganoxydul	0.52	0.99	—	1.66	3.16	—	3.52	} 1.85	0.07	2.67	—
Eisenoxydul .	0.76	2.64	7.47	0.08	1.27	5.89	1.00		0.07	—	0.7
Kupferoxydul .	—	—	0.30	—	—	0.23	—	—	—	—	—
Zinkoxyd . .	—	—	—	—	—	3.57	—	$\dot{Ca}$ =	3.38	—	—
Alkalien . .	—	—	—	3.09	—	—	2.04	2.32	0.64	14.35	—
Fluor . . .	—	—	1.97	—	—	0.99	—	$\dot{Ca}\ddot{S}$ =	0.26	—	—
Schwefel . .	—	—	—	—	—	—	1.08	2.00	—	—	1.15
Sauerstoffverh. Basen zu Kiesels.	1:2.8	1:2.7	1:2.5	1:2	1:2	1:1.5	1:0.9	1 : 0.9	1:0.6	1:0.7	1:0.7

a–c. **Trisilicate oder Verbindungen von Bi- und Trisilicaten.** a Holzkohlen-Hohofenschlacke von Trzinitz, wegen zu theuren Kalksteins hoch silicirt. b Holzkohlen-Hohofenschlacke von Ilsenburg. c Vom Sanderzschmelzen zu Sangerhausen. Die Schlacken von Jenbach in Tyrol enthalten 63–67 Proc. Kieselsäure (B. u. h. Ztg. 1873, S. 93).

d–f. **Bisilicate oder Gemenge von Bi- und Singulosilicaten.** d Holzkohlen-Hohofenschlacke von Gammelbo in Westmanland (Augitschlacke). e Schlacke von Olsberg in Westfalen (Augitschlacke). f Mansfelder Kupferschieferschlacke. Nach Plattner schmolz eine Holzkohlenofenschlacke bei einem Sauerstoffverh. von Basen zur Säure wie 1 : 1.5 bei 1430° C.

g–h. **Singulosilicatschlacken.** g Cokesofenschlacke von Hörde (Humboldtilithschlacke). h Desgl. von Henrichshütte bei Hattingen.

i–l. **Subsilicatschlacken.** i Von Daves Hohofen bei Oldbury (Gehlenitschlacke). k Gehlenitschlacke von Holzhausen in Hessen. l Cokeshohofenschlacke von Königshütte, beim Erkalten zerfallend. Die Schlacken der Eisenhohöfen enthalten am häufigsten 30–60 Proc. Kieselsäure, 1–28 Proc. Thonerde und 20–56 Proc. Kalkerde. Zeigen sich Schlacken kalkarm, so sind an Stelle des Kalks Magnesia und Manganoxydul getreten. Thonerde verschwindet zuweilen vollständig, Eisenoxydul tritt bei guten Schlacken bis zu höchstens einigen Procenten auf, kann aber in rohen Schlacken bis 20 Proc. und mehr betragen.

Ist die Kalk-Thonerde-Bisilicatschlacke zu strengflüssig (z. B. beim Verschmelzen der Blei-, Silber- und meist der Kupfererze, der Leche, des Eisensteins auf Spiegeleisen u. s. w.), so erzielt man leichtere Schmelzbarkeit durch theilweise Ersetzung der Kalkerde und Thonerde, ohne dass sich zuweilen der Sättigungszustand der Kieselsäure ändert, durch **Eisen- oder Manganoxydul** enthaltende Substanzen, selten durch theurere, wegen Flüchtigkeit in den Herd einzubringende **Alkalien**, welche aber aus mancher Brennstoffasche aufgenommen werden. **Beförderung der Leichtschmelzigkeit.**

Entweder enthalten die Erze schon einen hinreichenden Gehalt an oxydirtem Mangan (Spatheisensteine, manganhaltige Braun- und Rotheisensteine) und Eisen (eisenspäthige und geröstete schwefelkieshaltige Blei- und Kupfererze), oder es müssen Zuschläge davon (Braunstein, manganreiche Eisensteine, Eisenfrischschlacken, geröstete Schwefelkiese, Rohsteine und Bleisteine, basische eisenreiche Schlacken u. s. w.) gegeben werden.

Beispiele für metalloxydhaltige Schlacken.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l
Kieselsäure . .	58.10	43·13	45.53	39.79	41.08	37.90	28.14	27.05	31.47	21.62	27.66
Thonerde . .	3.70	4.76	4.22	2.48	10.88	—	5.78	6.85	—	5.15	6.00
Eisenoxydul. .	21,27	37.72	45.61	46.44	1.69	49.23	37.23	41.21	44.34	65.62	50.30
Manganoxydul .	0.80	0.30	—	—	20.57	—	—	—	9.13	—	Spr.
Eisenoxyd . .	—	—	—	—	—	—	—	—	7.72	—	—
Kalkerde . .	11.03	5.77	—	2.12	23.76	9.07	7.68	8.84	4.02	2.57	7.72
Magnesia . .	1.15	0.78	3.50	—	0.58	1.47	0.63	0.90	3.58	—	1.90
Bleioxyd . .	2.06	6.32	—	9.17	—	—	7.35	5.90	—	—	2.13
Baryterde . .	1.09	—	—	—	—	—	3.50	—	—	—	—
Zinkoxyd . .	—	—	—	—	—	—	7.60	8.62	—	—	3.5
Kupferoxydul .	—	—	—	—	—	1.59	0.50	1.00	—	2.26	Spr.
Schwefel . . .	—	—	—	—	—	—	2.47	3.53	—	2.08	2.23
Sauerstoffverh. von Basen zu Säure . . .	1:2.9	1:1.7	1:1.8	1:1.6	1:1.3	1:1.5	1:0.9	1:0.9	1:1	1:0.7	1:0.8

a. Trisilicate. a Oberharzer Bleischlacke vom Rastofenschmelzen.

b–f. Bisilicate und Verbindungen von Bi- und Singulosilicaten. b Oberharzer Bleiglanzschliegschlacke. c Fahluner Kupfererzschlacke. d Oberharzer Bleisteinschlacke. e Mägdesprunger Hohofenschlacke von weissem Eisen. f Mansfelder Schwarzkupferschlacke.

g–i. Singulosilicate. g Bleierzschlacke von Halsbrücker Hütte. h Desgl. von Muldner Hütte, schmelzbar bei 1317° nach Plattner. i Rohschlacke vom Eisenfrischen (Olivinschlacke).

k–l. Subsilicate k Okersche Kupfererzschlacke. l Okersche Bleierzschlacke.

Zu leicht- und zu strengflüssige Schlacken.

Wie bereits bemerkt, entspricht jedem Schmelzprocesse eine normale Schlacke von gewissem Grade der Schmelzbarkeit und muss letzterer namentlich bei Reductionsprocessen so gewählt werden, dass die Reduction vollendet ist, bevor die Schlackenbildung eintritt, und je leichter reducirbar ein Metalloxyd, um so leichtschmelziger muss auch die Schlacke sein. Bei zu leichtflüssiger Schlacke wird zwar an Brennmaterial gespart, aber ein Theil des Metalloxydes noch vor beendigter Reduction von der Schlacke aufgenommen, was auch bei zu niedrigen Oefen eintreten kann.

Eine zu strengflüssige Schlacke, in Folge unrichtiger Beschickung oder Mangels an Brennstoff, also hinreichender Temperatur entstanden, veranlasst nicht nur unnützen Brennstoffaufwand, sondern hält am Absetzen behinderte Metall-, Stein- und Speisetheile zurück und nimmt auch, um leichtflüssiger zu werden, häufig von dem Metalloxyd auf, welches reducirt werden soll. Letzteres kann dann in unerwünschter Weise zerlegend auf das Hauptproduct wirken (rohe Eisenhohofenschlacke auf Roheisen). Bei mangelhafter Beschickung oder nicht passender Schmelztemperatur können gewisse Bestandtheile, statt verschlackt zu werden, sich ausscheiden und mehr oder weniger störend wirken (Eisensauen bei Kupfer- und Bleihüttenprocessen, Quarz in den Schlacken vom Kupfererzschmelzen in Flammöfen und von sandreichen Raseneisensteinen).

Beschickungs-Berechnungen.

Statt des früher üblichen langwierigen und von viel Misserfolgen begleiteten Aufsuchens der richtigen Beschickung für einen Schmelz-

process durch Ausprobiren lässt sich dieselbe aus der durch Analysen gefundenen Zusammensetzung der Erze, Zuschläge und Brennmateriale, sowie aus der bekannten Zusammensetzung der zu erzielenden Schlacke (Tri-, Bi-, Singulosilicat u. s. w.) hinreichend genau im Voraus berechnen, um der Schmelzbarkeit in gewissen Grenzen sicher zu sein. Die feineren Modificationen, welche dann noch die Qualität der Schmelzmaterialien und des zu erzeugenden Productes, die Reducirbarkeit der Erze u. s. w. etwa erfordern, sind dann nach begonnenem Betriebe meist leicht zu veranlassen.

Beispie

Berechnung der Schlackenzusammensetzung einer Eisenerzbeschickung aus 460 Theilen Eisenstein, 115 Theilen Kalkstein und 231 Theilen Cokes pro Gicht:

	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe	Mn	FeS	CO_2	O	C	Glühverl.
Eisenstein . .	10	7	—	3	24	30	—	—	21	—	5
Kalkstein . .	2	—	54	0.5	—	—	—	43.5	—	—	—
Cokes . . .	6.0	3	0.43	—	—	—	2.57	—	—	88	—

Schlackengebende Bestandtheile in:

	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO
460 Eisenstein	46.0	32.2	—	13.8
115 Kalkstein	2.3	—	62.1	0.6
231 Cokes	13.8	7.0	1.0	—
	62.1	39.2	63.1	14.4
mit Sauerstoff	33.1	18.3	18.0	5.8
			42.1	
Sauerstoffverhältniss . .	1	:	1.27	

Entwerfung einer Freiberger Roharbeitbeschickung in Lampadius' Fortschr. d. Hüttenkunde 1839, S. 12. — Markus, Joachimsthaler Beschickung in Oest. Ztschr. 1857, No. 1. B. u. h. Ztg. 1857, S. 53. — Schmidt, stöchiometrische Berechnung der Vormasse in Oest. Ztschr. 1857, No. 20. — Lindauer in B. u. h. Ztg. 1855, S. 109. Dessen Hüttenchemie 1861, S. 295. — Eisenhohofenbeschickungen: Westfälische Kohleneisensteine in B. u. h. Ztg. 1857, S. 335; 1858, S. 231. Harzer Roth- und Brauneisensteine in B. u. h. Ztg. 1862, S. 77; Erze der Heinrichshütte bei Lobenstein in B. u. h. Ztg. 1857, S. 335. Für verschiedene Erze beim Holz- u. Cokeshohofenbetrieb in Leoben. Jahrb. 1861, Bd. 10, S. 317, 362. Böhmen u. Mähren in Leoben. Jahrb. 17, 277; 18, 179; Oest. Ztschr. 1867, No. 31—35. Banater Erze in B. u. h. Ztg. 1865, S. 243. — Kerl, Grundriss der Eisenhüttenkunde 1875, S. 166, 176. — Balling hat in der Oest. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1870, S. 15 u. 118 (auch B. u. h. Ztg. 1870, S. 59) eine schnelle Methode zur Ermittelung der Eisensteinsbeschickungen, sowie in No. 32 der Oest. Ztg. v. J. 1871 Mittheilungen über eine graphische Auflösung von Möllerungsaufgaben gemacht, wobei alle Rechnung erspart wird, sowie Mrázek im Leoben. Jahrb., Bd. 18 v. J. 1867/68 und Bd. 19 v. J. 1868/69 über stöchiometrische Entwürfe von Eisenhohofenbeschickungen und Hilfstabellen für dieselben.

2. Flüssigkeitsgrad und Erstarrbarkeit.

Wichtig dieses V halten

Untersc dung v Schmel barkeit Flüssi keitsgr

Dieses für die Praxis äusserst wichtige Verhalten lässt auf den Silicirungsgrad und die weitere Verwendbarkeit der Schlacken schliessen. Die Art des Fliessens einer Schlacke (zäher oder dünner Fluss) steht nicht immer mit deren Schmelzbarkeit in directem Verhältniss. So zeigen die sehr strengschmelzigen kalkreichen Cokeshohofenschlacken und die leichtschmelzigen Eisenfrischschlacken beide einen dünnen Fluss und leichte Erstarrbarkeit. Zähflüssige Schlacken (Tri- und Bisilicate) nennt der Hüttenmann saiger, dünnflüssige (Singulo- und Subsilicate) frisch. Während sich die saueren zähflüssigen und lang-

sam erstarrenden Schlacken zur Schlackensteinfabrikation eignen, passen die basischen dünnflüssigen (kurzen oder trockenen), rasch erstarrenden und zerspringenden nicht dazu.

Erfahrungen. Folgende Erfahrungen über die Art des Flusses der Schlacken und damit in Verbindung ihre Erstarrbarkeit liegen vor:[1])

Trisilicate. a) Trisilicatschlacken sind sehr saiger, fliessen zähe wie Glas, lassen sich zu langen Fäden ziehen, erstarren sehr langsam, haben nach dem Erstarren ein glasiges Ansehen und muschligen Bruch, sind durchsichtig oder emailartig bei verschiedener Färbung und hart, und werden von Säuren nicht aufgeschlossen. Solche strengflüssige reine Trisilicatschlacken, welche zuweilen durch eingeschlossenen Quarz auf diese Silicirungsstufe gebracht werden dürften, erzeugt man aus angegebenen Gründen (S. 396) selten, doch nähern sich ihnen in ihren Eigenschaften mehr oder weniger die zwischen Tri- und Bisilicaten liegenden Schlacken.

Beispiele. Mansfelder Sanderzschlacken, Schlacken von Raseneisensteinen, welche bei hohem Kieselsäuregehalte Quarz zuweilen mechanisch beigemengt enthalten, von Sphärosideriten aus den Karpathensandsteinen, Oberharzer Rastofenschlacken (Analyse S. 396), nach Plattner 15 $(\dot{Fe}, \dot{Ca}, \dot{Mg}, \dot{Ba}, \dot{Pb}, \dot{Mn}) \overline{\overline{Si}} + \ddot{\overline{Al}} \overline{\overline{Si}}_2$.

Bisilicate. b) Bisilicatschlacken und denselben sich nähernde Verbindungen von Bi- und Singulosilicatschlacken fliessen noch zähe, etwa wie Syrup, und träge, obgleich weniger, als die vorhergehenden, sind noch fadenspinnend, erstarren langsam und zerspringen nicht beim Erkalten. Sie sind meist noch glasig, muschlig im Bruche und werden von Säuren unvollständig zersetzt.

Derartige Schlacken sucht man häufig bei Schmelzprocessen zu erzeugen, weil sie, ohne zu strengflüssig zu sein (S. 396), weniger geneigt sind, das meist saure Ofenbaumaterial (Sandstein, Thon) zu corrodiren, wegen langsamen Erstarrens weniger Ansätze bilden und Zeit zum guten Absetzen der Metalle, Steine u. s. w. lassen, welches Letztere noch durch das meist geringere specifische Gewicht erdenreicher Bisilicatschlacken begünstigt wird. Wo Gefahr vorhanden ist, dass Metalloxyde (Bleioxyd, Kupferoxydul, Eisenoxydul) von der vorwaltenden Kieselsäure verschlackt werden können, sind basischere Schlacken für den Schmelzprocess zu wählen (Röstreductionsarbeit für Bleierze, Kupferstein- und Schwarzkupferschmelzen u. s. w.).

Beispiele. Oberharzer Bleierz- (S. 396) und Kupferkiesschlacken, erstere nach Plattner $[m(\dot{Ca}, \dot{Mg}, \dot{Pb}) \overline{\overline{Si}} + n\dot{Fe}_3 \overline{\overline{Si}}_2] + \ddot{\overline{Al}} \overline{\overline{Si}}$, Fahluner Kupfererzschlacken (S. 396), Freiberger Rohschlacken, nach Plattner $[m\dot{R}_3 \overline{\overline{Si}}_2 + n\dot{R}_3 \overline{\overline{Si}}] + \ddot{\overline{Al}} \overline{\overline{Si}}$ oder $m\dot{R}_3 \overline{\overline{Si}}_2 + \ddot{\overline{Al}} \overline{\overline{Si}}$, sich bildend bei 1710—1730° C. und schmelzend bei 1330—1360°, sächsische Zinnerzschlacken, nach Plattner $[m(\dot{Fe}, \dot{Ca}, \dot{K}, \dot{Na})_3 \overline{\overline{Si}}_2 + n\dot{Fe}_3 \overline{\overline{Si}}] + \ddot{\overline{Al}} \overline{\overline{Si}}$ oder gemengt mit $(\dot{Fe}, \dot{Mn}) \dddot{W}$ und $\dot{Fe} \overline{\overline{Sn}}$, Eisenhohofenschlacken vom Holzkohlenbetriebe (bilden sich nach Plattner bei 1870—1880° und schmelzen bei 1390—1430°); Feineisenfeuerschlacken; Asche von Steinkohlen.

Singulosilicate. c) Singulosilicatschlacken[2]), sind frisch, fliessen dünn, ziehen keine Fäden, erstarren ohne teigartig zu werden schnell durch die ganze Masse zuweilen unter Aufblähen, zerspringen beim Erkalten

---

1) Engin. and Min. Journ. 1871, Vol. 12, No. 20.

2) Französische Metallurgen nennen Schlacken mit überwiegend Erdbasen laitiers solche mit überwiegend metallischen Basen scories.

und werden von Säuren unter Abscheidung gelatinöser Kieselsäure meist völlig aufgeschlossen.

Dieselben greifen das saure Ofengemäuer, wenn dieses nicht hinreichend gekühlt wird, mehr an als die vorigen, sind wegen leichter Erstarrbarkeit bei Mangel an hinreichender Temperatur zur Ansatzbildung im Herde geneigter und schliessen leichter metallische Theile, Steinkörnchen u. s. w. ein, lassen bei zu hoher Temperatur Metalloxyde daraus reduciren (Eisensauenbildung, Zink) und geben deshalb leichter einen unreinen Schmelzgang und kürzere Campagnendauer. Auch lösen sie gern Einfachschwefelmetalle (Schwefeleisen, Schwefelzink, Schwefelcalcium) auf und können dann noch zu besonderen Metallverlusten führen (S. 391).

Sonstige Eigenschaften solcher Schlacken variiren, je nachdem man hat: Modificationen.

α) **Singulosilicate mit vorwaltenden Erden.** Solche kalkreiche strengflüssige, fast nur beim **Eisenhohofenbetriebe mit Cokes** vorkommende Schlacken (Analyse S. 395) sind strengflüssiger als die Bisilicate (S. 395), aber bei hinreichend hoher Temperatur dünnflüssig, von erdigem oder steinigem Ansehen mit hellen Farben, häufig aufgebläht und löcherig und zuweilen von krystallinisch strahligem oder blättrigem Gefüge. Durch einen Gehalt an Manganoxydul, welcher meist erbsengelbe Färbung herbeiführt, lässt sich die Strengflüssigkeit mildern. Wegen geringen specifischen Gewichtes und grosser Dünnflüssigkeit bei hinreichender Temperatur halten solche Cokeshohofenschlacken weniger leicht metallische Theile (Roheisen) zurück, als die saureren zähflüssigeren Holzkohlenhohofenschlacken, welche dann durch Pochen und Waschen noch von diesem Eisenrückhalte (Wascheisen) befreit werden.

β) **Singulosilicate mit Erden und Metalloxyden.** Dieselben sind leichtschmelziger als die vorhergehenden, haben gewöhnlich metallischen Glasglanz und gestatten bei höherem specifischen Gewichte keine so vollständige Absonderung der Metalle, Leche u. s. w. Sie blähen sich häufig auf, bleiben dann nach dem Erkalten aufgebläht und die Blasen bersten dabei zuweilen unter eigenthümlichem Knistern und Entlassen blauer Gasflämmchen.

Bleierzschlacke (S. 398), Bleisteinschlacke und Kupfersteinspurschlacke von den Freiberger Hütten, Bleischlacke von Sala in Schweden, Mansfelder Schwarzkupferschlacke (S. 398), Oberharzer Steinschlacke (S. 396) mit etwas Bisilicat, im Wesentlichen nach Plattner Beispiele.

$m(\dot{Fe}, \dot{Ca}, \dot{Mg}, \dot{Pb}, \dot{Mn})_3 \overline{\overline{Si}} + \overline{Al}\,\overline{\overline{Si}}$, öfters mit mehr oder weniger $(\dot{Fe}, \dot{Ca}$ u. s. w.$)_3 \overline{\overline{Si}}_2$.

γ) **Singulosilicate mit vorwaltenden Metalloxyden.** Diese sind noch leichtschmelziger als die vorhergehenden, fliessen dünn wie Wasser, zeigen bei brauner bis schwarzer Farbe metallischen Glanz und haben ein bedeutendes specifisches Gewicht, meist krystallinisch oder schön krystallisirt.

Rohschlacken vom Herdfrischen und Puddeln (S. 396), vom Feinen und Schweissen des Eisens, vom Stahlfrischen u. s. w., von der Gestalt und Zusammensetzung des Fayaliths oder Olivins, nach Plattner $\dot{Fe}_3 \overline{\overline{Si}}$, auch $\dot{Fe}_3 \overline{\overline{Si}}_2 + 2\,\dot{Fe}_3 \overline{\overline{Si}}$, wenn das Roheisen reich an Silicium ist, und $6\,\dot{Fe}_2 \overline{\overline{Si}} + Fe\,\overline{Fe}$ oder $\dot{Fe}_2 (\overline{\overline{Si}}, \overline{Fe})$, wenn ein Theil des Eisens als $\dot{Fe}\,\overline{Fe}$ verschlackt und das Eisenoxyd als Stellvertreter von $\overline{\overline{Si}}$ betrachtet wird. Die in der Gestalt des Olivins krystallisirten braun gefärbten Schlacken nehmen sehr bald nach ihrer Bildung eine schwarze Farbe an, indem ein Theil des Eisenoxyduls in Oxyd übergeht, ohne die Krystallgestalt zu ändern Beispiele.

(Pseudomorphose). — Wird ein Silicat mit metallischen Basen einer reducirenden Wirkung ausgesetzt, so verwandelt sich ein höheres Oxyd um so mehr in ein niedrigeres oder dieses in Metall, je höher die Temperatur; sind mehrere Oxyde vorhanden, so werden die kräftigeren Basen nach den schwächeren reducirt, z. B. am leichtesten Bleioxyd, dann folgen Zinn-, Eisen- und Manganoxyd. Durch Zusatz einer kräftigeren, nicht reducirbaren Base (Kalkerde, Magnesia, Eisenoxydul) kann vollständige Reduction eintreten (z. B. bei Eisenfrischschlacken, Bleisilicat, Unterharzer Kupfererzschlacken). Durch Zusatz schwefelnder oder arsenicirender Zuschläge oder durch beide lassen sich Metalle aus Silicaten als Leche oder Speise abscheiden (aus nickelhaltigen Kupfergaarschlacken, oxydischen Kupfer- und Nickelerzen, Kupferstein und Nickelspeise durch Schwerspath und Arsenkies). Einer oxydirenden Wirkung ausgesetzt, geht in basischen Schlacken vorhandenes Oxydul theilweise in Oxyd über und es bildet sich Eisenoxyduloxyd, welches sich (ähnlich wie Schwefelmetalle) in dem zurückbleibenden Silicate auflöst und beim Roheisenfrischen eine kräftig oxydirende Wirkung ausübt. Mit zunehmendem Gehalte an Eisenoxyduloxyd wird die Masse breiiger und strengflüssiger. Es ist z. B. das Eisenoxydulsilicat mit 31 SiO_2 und 69 FeO flüssiger als dasjenige mit 33 SiO_2, 18 Fe_2O_3 und 49 FeO. Eisenoxyd scheint mit SiO_2 kein, wenigstens kein flüssiges Silicat zu geben. Die Manganoxydulsilicate oxydiren sich nach der allgemeinen Annahme nicht höher, werden deshalb nicht breiig und wirken beim Frischen nicht oxydirend auf den Kohlenstoff ein. Nach Müller[1]) soll jedoch die amorphe Bessemerschlacke in Glühhitze schnell unter Gewichtszunahme schwarzbraun werden, unter höherer Oxydation auch des Mangans, indem sich beim Uebergiessen der geglühten Schlacke mit Salzsäure Chlor entwickelt.

Subsilicate. d) Subsilicatschlacken. Dieselben, meist von zweifelhafter Natur, fliessen bis zu einem gewissen Grade der Basicität noch hitziger und dünner als die Singulosilicate, sind sehr frisch, erstarren augenblicklich unter Knistern und Umherspringen und werden von Säuren unter Ausscheidung von Kieselsäuregallerte leicht und vollständig zersetzt.

Ohne ganz besondere Veranlassung erzeugt man solche Schlacken nicht, indem sie entweder ungemein strengflüssig sind (siehe α) oder das Ofengemäuer sehr stark angreifen und wegen zu raschen Erstarrens noch grössere Metallverluste herbeiführen als Singulosilicatschlacken (siehe β). Wie bemerkt (S. 393), betrachtet man solche Subsilicate wohl als Gemenge von Singulosilicaten mit Metalloxyden, welche letzteren, wenn sie in grossem Uebermaasse auftreten, das anfangs sehr dünnflüssige und leichtflüssige Gemenge immer zähflüssiger und strengschmelziger machen (Gaarschlacken von Eisenfrischen und Puddeln, Schwahl).

α) Subsilicate mit vorwaltenden Erden. Derartige sehr strengflüssige Schlacken erzeugt man zuweilen beim Cokeshohofenbetriebe für Roheisen, wenn bei grossem Schwefelgehalte der Erze oder Brennmaterialien oder zur Begünstigung der Manganreduction bedeutende Kalkzuschläge zu geben sind. Die Schlacken sind hellfarbig und erdig und zerfallen bei sehr hohem Kalkgehalte beim Erkalten zu Pulver (S. 397).

Thonerdesingulosilicate mit Kalksubsilicat können hinsichtlich der Strengflüssigkeit kalkreichere Schlacken, welche zerfallen, ersetzen.

β) Subsilicate mit Erden und Metalloxyden. Dieselben, leichtschmelziger als die vorhergehenden, entstehen bei an Schwefelkies reichen gerösteten Erzen und lösen Einfachschwefelmetalle in reichlicher Menge auf (S. 391).

Wollte man deren grossen Gehalt an Eisen durch hinreichende Zuschläge von Kieselsäure als Singulo- oder Bisilicat verschlacken, so würde eine zu grosse Schlackenmenge entstehen, welche zum Schmelzen nicht nur viel Brennmaterial erfordert, sondern auch bedeutende und wohl grössere Metallverluste herbeiführen

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 140.

würde, als eine stark basische Schlacke, wie sie sich z. B. beim Unterharzer Blei- erz- und Kupfererzschmelzen (S. 398) bildet. Solche Schlacken, von metallischem oder halbmetallischem Ansehn, fressen das Ofengemäuer rasch und stark an und gestatten wegen höheren specifischen Gewichts und sehr raschen Erstarrens eine unvollständigere Separation von Metall, Stein u. s. w.

γ) Subsilicate mit vorwaltenden Metalloxyden. Dieselben entstehen als Gaarschlacken gegen Ende des Frischens oder Puddelns von Eisen, fliessen träger und mit hellerem Licht als Rohschlacken (S. 401), erstarren langsamer, haben eine mehr graue Farbe, sind stets dicht (nicht krystallisirt) und von grösserem spec. Gewichte. Beim Beginne des Frischens nahezu Bisilicat (Rohschlacken), gehen die Schlacken im weiteren Verlaufe in Singulosilicat (Rohschlacken) über, dann nehmen sie, je mehr sich der Process dem Ende nähert, immer mehr Eisenoxyd auf und um so zäh- und strengflüssiger werden sie dann.

Man könnte solche Schlacken für Viertelsilicate von Eisenoxydul und Eisenoxyd halten, wenn die Existenz solcher Verbindungen nicht zweifelhaft wäre, da Berthier gefunden hat, dass Eisenoxydsilicate sich durch Schmelzung nicht bilden lassen. Es ist deshalb anzunehmen, dass die Gaarschlacken Gemenge von Eisenoxydulsingulosilicat mit Eisenoxyduloxyd [1]) in verschiedenen Verhältnissen sind, indem das Singulosilicat die Fähigkeit besitzt, Eisenoxyduloxyd zu lösen, während letzteres im Manganoxydulsilicat nicht löslich ist. Da beim Frischen des Roheisens die Oxydation des Kohlenstoffs hauptsächlich durch den Sauerstoff des der Schlacke beigemengten Eisenoxyduloxyds erfolgt, so ist erklärlich, weshalb die Entkohlung bei einem Mangangehalte des Eisens durch Entstehung von Mangansilicat verzögert wird.

Nach Plattner bestehen die Gaarschlacken aus $6\,\dot{Fe}^3\,\dddot{Si} + \dot{Fe}_9\,\dddot{Fe}$ oder $3\,\dot{Fe}_3\,\dddot{Si} + 3\,\dot{Fe}_6\,\dddot{Si} + \dot{Fe}\,\dddot{Fe}$. Betrachtet man das $\dddot{Fe}$ als Vertreter der $\dddot{Si}$, so ist der Ausdruck $\dot{Fe}_4\,(\dddot{Si}, \dddot{Fe})$, welcher auch $\dot{Fe}_2\,(\dddot{Si}, \dddot{Fe}) + \dot{Fe}_6\,(\dddot{Si}, \dddot{Fe})$ geschrieben werden kann. Solche basischen Schlacken können an Phosphoreisen oder phosphorsaurem Eisenoxydule reich sein. [2])

3. Structur der Schlacken.

Die Schlackenstructur [3]) giebt oft wichtige Winke in betreff der Zusammensetzung, Wirkungsweise und Verwendbarkeit der Schlacken. Dieselben können sein *Wichtigkeit der Structur.*

a) Krystallisirt oder krystallinisch (blättrige, strahlige, fasrige, körnige Aggregate), in ersterem Falle wohl von der Krystallgestalt und Zusammensetzung natürlicher Silicate. [4]) *Krystallisirte Schlacken.*

Man kennt z. B. Fayalith- oder Olivinschlacke (einfache Singulosilicate), Humboldtilithschlacke (Singulosilicat aus Doppelsilicaten), Augitschlacke (Bisilicate), Gehlenitschlacke (Drittelsilicat) u. A.

Nach den mikroskopischen Untersuchungen von Vogelsang [5]) scheiden sich beim Erstarren der feurig-flüssigen Massen zunächst gewisse Substanzen (Krystalliten) in Gestalt von Kugeln, Cylindern oder Kegeln aus, welche entweder keine krystallographisch begrenzte Form annehmen (viele glasige Schlacken) oder sich in der Richtung krystallographischer Linien ordnen und krystallinische Aggregate oder Krystalle bilden. Bei langsamer Abkühlung amorpher glasiger Schlacken werden diese, ähnlich wie bei der Entglasung des Glases [6]), un- *Entstehung krystallisirter Schlacken.*

---

1) Berggeist 1861, No. 56. Preuss. Ztschr. 11, 178. 2) B. u. h. Ztg. 1869, S. 426; 1871, S. 239. 3) v. Leonhardt's Hüttenerzeugnisse, S. 144. Kerl, Met. 1, 83, 880. Fournet in Ann. d. Chim. et de Phys. 4, 370. 4) Kerl, Met. 1, 835. Rammelsberg's Metallurgie 1865, S. 40, 116. Miller and Percy, on cristalline slags in Rep. of the British association 1846. 5) B. u. h. Ztg. 1864, S. 236. 6) Terreil, über krystallinische und amorphe Beschaffenheit des Glases in Compt. rend. 45, 693.

durchsichtig und krystallinisch oder es scheiden sich in der glasigen, deutlich krystallinischen oder steinigen Grundmasse Krystalle porphyrartig aus, welche beide dieselbe Zusammensetzung haben (Mägdesprunger Schlacken [1]), oder die Krystalle können eine chemische Verbindung von anderer Zusammensetzung, als die Grundmasse sein. Dabei ändern sich auch specifisches Gewicht und Farbe; blaue glasige Schlacken geben graue krystallinische grossblättrige oder strahlige Massen, kolophoniumbraune glasige Schlacken gelbe, grüne, blaugrüne oder braune Krystalle (Mägdesprung). Bei rascher Abkühlung glasiger Schlacken bleiben dieselben glasig; sind sie aber in grösseren Stücken vorhanden (Gossenschlacken), so erscheinen nur die äusseren Partien glasig, die inneren mehr oder weniger steinig. Derartige Erscheinungen lassen sich an den langsam erstarrenden kieselsäurereicheren Holzkohlenhohofenschlacken besser wahrnehmen, als an Cokeshohofenschlacken. Auch beim Glühen glasiger Schlacken werden sie krystallinisch und steinig.

Bei variolitartigen Schlacken befinden sich zum Unterschiede von porphyrartigen nicht Krystalle, sondern sphärische oder kugelförmige Theile in einer Grundmasse von abweichender Zusammensetzung.

Werth der krystallisirten Schlacken. Schlacken von bestimmter stöchiometrischer Zusammensetzung, wie die krystallisirten, sind nicht nothwendig das Resultat zweckmässiger Beschickungen und eines guten Schmelzganges; zuweilen erlangen solche Schlacken ihre Krystallisationsfähigkeit erst durch Aufnahme eines grösseren Antheiles des auszubringenden Metalles oder sind strengflüssiger als die amorphe Grundmasse (Mägdesprunger Schlacken), wiewohl es auch Fälle giebt, dass nur bei einem normalen Schmelzgange metallarme krystallisirte Schlacken entstehen (S. 382).

Amorphe Schlacken. b) Amorphe Schlacken und zwar glasige, porzellan- oder emailartige, steinige und erdige. Vollkommen glasige, durchsichtige, im Bruche muschlige, scharfeckige Schlacken pflegen reich an Kieselsäure zu sein, während bei emailartigen schon eine etwas niedrigere Silicirung vorhanden sein kann und das Erdenverhältniss für viele Fälle gut getroffen zu sein pflegt.

Steinige Schlacken, insofern sie nicht durch langsame Abkühlung glasiger entstanden sind (S. 403), sondern gleich steinig aus dem Ofen hervorgehen, deuten auf das Vorhandensein einer grösseren Menge Erden (Cokeshohofenschlacken) und walten dieselben, namentlich Kalkerde sehr vor, so werden sie erdig im Bruche oder zerfallen (kalkreiche schwefelhaltige Cokeshohofenschlacken, S. 397). Diese drei Zustände gehen in einander über und erleiden namentlich durch Hinzutritt schwerer Metalloxyde Modificationen, welche letztere namentlich halbmetallischen Glanz und dunkle Farben hervorbringen können.

Wie bereits bemerkt (S. 392), können amorphe Schlacken chemische Verbindungen oder Gemenge verschiedener Sättigungsstufen sein. Um in glasigen Schlacken nachzuweisen, ob sie homogen oder verschiedenartig zusammengesetzt sind, ätzt man nach Mayrhofer ihre geglätteten Bruchflächen das eine Mal mit salpetersauren, das andere Mal mit salzsauren Dämpfen an, wo man dann mittelst einer guten Loupe krystallinische Figuren beobachtet oder nicht.

Zu den amorphen Schlacken gehören noch blasige oder schaumige Schlacken (Bimsteinschlacken), entweder innerhalb des Ofens durch Gase, Wasserdämpfe u. s. w. gebildet oder ausserhalb des Ofens durch Aufgiessen von Wasser entstanden; fasrige Schlacken von seidenartigem Glanze, dem Asbest ähnlich, dadurch gebildet, dass

1) Rammelsberg, Met. S. 126. Pogg. Ann. 74, 95. B. u. h. Ztg. 1854, S. 69.

eine von vielen sehr kleinen Blasen erfüllte glasige Schlackenmasse durch eine ziehende Wirkung in feine Röhrchen verwandelt wird; Haarschlacke oder Schlackenwolle, zusammengewirrte Schlackenfäden, erstere in der Form des Ofens durch das Einwirken zurückprallenden Windes auf eine dünnflüssige Schlacke gebildet, letztere absichtlich erzeugt durch Leiten von Gebläseluft oder Wasserdampf gegen einen Schlackenstrahl.

4. Farbe der Schlacken.

Wichtigkeit ihrer Beobachtung.

Aus der Farbe[1]) der erkalteten Schlacken, vorwaltend von schweren Metalloxyden und Schwefelverbindungen herrührend, lassen sich Schlüsse machen auf die Art der darin enthaltenen Oxyde (rothe Kupfererzschlacken, grüne und schwarze Eisenhohofenschlacken u. s. w.), auf den Silicirungsgrad und damit im Zusammenhange auf den Flüssigkeitszustand und die Art des Erstarrens. Häufig treten aber die Farben nicht rein hervor und lassen dann leicht Irrungen zu. Am häufigsten kommen graue, gelbe, grüne, blaue, braune und schwarze Färbungen vor.

Entstehungsweise.

Helle Farben zeigen sich bei an schweren Metalloxyden armen Erdenschlacken, welchen aber bei glasiger Beschaffenheit Kohlentheilchen eine graue oder gelbe Färbung ertheilen können. Dunkle bis schwarze Farben können entstehen bei einem grösseren Eisengehalte (sehr rohe Eisenhohofenschlacken), wo dann die Schlacken zuweilen magnetisch sind[2]), oder durch einen Schwefelgehalt bei geringem Eisengehalte; braune und rothe durch Kupferoxydul, erstere auch durch Eisenoxydul bei basischen Cokeshohofenschlacken; grüne durch Eisenoxydul und gelbgrüne oder erbsengelbe durch Manganoxydul bei nicht kieselsäurereicher Beschickung; nur zuweilen erscheint von Manganoxydul ein violetter Stich bei hochsilicirten glasigen Schlacken. Blaue Schlacken[3]) (z. B. von Eisenhohöfen, Kupferschieferöfen) sollen ihre Färbung einem Gehalte an Phosphorsäure, Vanadin, Titan oder Molybdän verdanken können; durch die Analyse lässt sich aber oft keine Spur von diesen Stoffen nachweisen. Nach Einigen enthalten solche Schlacken eine dem Ultramarin ähnliche Verbindung, welche statt Natrons Kalk führt, feuerbeständiger ist als wirkliches Ultramarin und auch bei Zerkleinerung der Schlacken dieselben noch blau färbt. Blaue Schlacken, welche, wie gewöhnlich, beim Zerreiben ein weisses oder graues Pulver geben, können nach Bontemps[4]) durch Eisenoxyd bei höherer Temperatur gefärbt sein, während in geringerer Hitze eine grüne Färbung entsteht. Nach Fournet werden grüne Gläser beim Entglasen schön blau und somit scheint auch die Molekularanordnung auf die Farbe der Schlacken zu influiren.

Bunte Anlauffarben zeigen sich besonders an Eisen- und Manganoxydul reichen Schlacken (Frisch-, Puddel-, Schweissofenschlacken), werden aber auch an erdigen wahrgenommen (Mägdesprunger Hohofenschlacken).

Es kann auf die Färbung der Schlacken noch einen Einfluss ausüben: die Zusammensetzung, namentlich der Silicirungsgrad (kalkreiche Schlacken von Bieber waren erbsengelb, kieselsäurereichere blau), der verschiedene Ofengang u. A.

Glasige Schlacken sind meist grau, gelb, violett, grün, blau, braun und schwarz; email- oder porzellanartige meist gelb, grau, blau, grün, roth; krystallinische Schlacken weiss, grau, gelb, grün, braun, schwarz.

5. Härte und specifisches Gewicht.

Spec. Gew.

Die Dichtigkeit der Schlacken nimmt mit dem Gehalte an schweren Metalloxyden und bei Schlacken mit nur Erdbasen um so

1) Kerl, Met. 1, 836, 886. Percy, Met. 1861, 1, 27. Pelouze, Einfluss der Metalloide auf die Färbung des Glases in Dingl. 178, 134; 179, 381. 2) Jahrb. d. geolog. Reichsanst. 1857, S. 680, 690, 691. 3) Kerl, Met. 1, 886. B. u. h. Ztg. 1867, S. 88. v. Kerpely, Fortschr. 3, 103; 5, 134. 4) Erdm. J. 49, 175.

mehr zu, je rascher die Abkühlung stattfindet. Eingemengte Schwefelmetalle erhöhen das specifische Gewicht.

Ulrich[1]) fand das spec. Gewicht für niedriger silicirte, meist vorwaltend schwere Metalloxyde enthaltende Schlacken, sowie für kieselerdereichere, hauptsächlich aus Erdbasen bestehende wie folgt: für Singulosilicate 4.2—3.6, für Bisilicate 3—3.5 und für Trisilicate 2.94—2.57. Die Grösse des spec. Gewichts ist von wesentlichem Einflusse auf die mehr oder weniger vollständige Absonderung von Metallen, Lechen u. s. w. daraus. Köhler[2]) benutzt das spec. Gewicht der Eisenhohofenschlacken zur Controle des Ofenganges und bestimmt ersteres auf leichte Weise mittelst der volumetrischen Methode von Mohr. v. Kerpely[3]) hat das innige Verhältniss nachgewiesen, welches zwischen chemischer Constitution und specifischem Gewichte von Schlacken und Roheisen besteht.

Härte.

Die Härte der Schlacken nimmt bei langsamer Abkühlung zu; so besitzen die glasigen Schlacken geringere Härte, als die durch langsame Abkühlung derselben erhaltenen krystallinischen steinigen (basaltirte oder getemperte Schlacken für den Chausseebau).

Schlackenoberfläche.

6. Schlackenoberfläche und Schlackeneinschlüsse.

Die Schlacken zeigen sich oberflächlich glatt, blasig, rauh, mit spitzen kegelförmigen Erhebungen, mit rundlichen Eindrücken, faltig mit verschlungenen schlangenartigen Adern u. s. w.[4]), und enthalten zuweilen fremdartige, auf Aggregatzustand, Härte, Zersetzbarkeit u. s. w. influirende Einschlüsse, z. B. Kohlentheilchen, Kupfersteinconcentrationsschlacken Magneteisen[5]); namentlich Oxydschlacken enthalten öfters solche Einschlüsse (S. 390).

Einschlüsse.

In zu Bausteinen geformten Schlacken finden sich zuweilen Blasenräume mit krystallinischer Ausscheidung oder Stalaktiten. Hausmann beobachtete häufig Verschmelzungen von Schlackenmassen verschiedener Zusammensetzung, welche weder als chemische Verbindungen, noch als mechanische zu betrachten sind und wofür derselbe den Ausdruck Verschlingung vorschlägt.

7. Zersetzbarkeit der Schlacken.

Zersetzung an der Luft.

Kalk- und namentlich schwefelcalciumreiche Schlacken zerfallen nach einiger Zeit unter Zersetzung des Schwefelcalciums und Kalkerdesilicates zu Staub, manche wahrscheinlich dimorphe Schlacken unter lebhafter Bewegung auf der Oberfläche (Mägdesprung[6])). Bei längerem Liegen können Schlacken oberflächlich sich mit Verwitterungsproducten überziehen (mit Malachit, Gyps u. s. w.).

Zersetzung durch Säuren.

Während Säuren Trisilicatschlacken unmerklich und Bisilicatschlacken wenig angreifen, zersetzen dieselben Singulosilicat- und Subsilicatschlacken vollständig, meist unter Abscheidung von gelatinöser Kieselsäure.

8. Anwendung der Schlacken.

Dieselben dienen[7]):

Als Schmelzzuschläge.

a) als Zuschläge bei Schmelzprocessen,

---

1) B. u. h. Ztg. 1859, S. 45. 2) B. u. h. Ztg. 1878, S. 152. 3) B. u. h. Ztg. 1864, S. 145. 4) v. Leonhardt, Hüttenerzeugnisse, S. 133. 5) B. u. h. Ztg. 1856, S. 11. 6) Erdm. J. 2, 394. Bischof, Mägdesprunger Hohofenproducte. Quedlinburg 1853. v. Leonh., Hüttenerz., S. 189. 7) Fortschr. d. Schlackenindustrie: Kärnthn. Ztschr. 1877, No. 21 u. 22. Iron 1877, Vol. 10, No. 246. B. u. h. Ztg. 1872, S. 216, 333.

α) um in Folge eines Ueberschusses von Kieselsäure oder Basen als Solvirungsmittel für Erdarten oder Metalloxyde zu wirken.

Man zieht solche fertig gebildeten Silicate ihren einzelnen Bestandtheilen als Zuschläge vor, indem erstere in kürzerer Zeit, nach Einigen auch bei niedrigerer Temperatur (S. 395) wirksam werden.

Es ist hüttenmännischer Grundsatz, zur Regulirung des Schmelzprocesses eine saure und eine basische Schlacke möglichst zur Disposition zu haben (Oberharzer Schlieg- und Steinschlacken, Kupfererz- und Kupfersteinschlacken).

β) als schützende Decke für das ausgebrachte Metall (Roheisen, Blei u. s. w.) im Herde gegen Einfluss des Gebläsewindes (S. 60). Als Schlackendecke.

Man sucht bei jedem Schmelzprocesse auf 1 Thl. Metall eine gewisse Menge Schlacke zum Schutze für dasselbe zu erzeugen und zwar im Allgemeinen um so mehr, je wandelbarer das Metall und je stärker die Windpressung, also z. B. bei Cokes mehr, als bei Holzkohlen. Für Roheisen rechnet man gewöhnlich auf 100 Thle., je nachdem dasselbe grau oder weiss, 200—100, selten 400—300 bei Cokes, bei Holzkohlen 100—70 Thle., jedoch kommen auch noch günstigere Verhältnisse bei leichtschmelzigen, mit leichten Kohlen verschmolzenen Eisenerzen vor (Schweden, Nordamerika, in Kärnthen z. B. 40 Schlacken auf 100 Roheisen). Fehlt es im Erz an schlackengebenden Bestandtheilen, so schlägt man wohl bei dem Processe selbst gefallene, als Flussmittel neutral wirkende Schlacken (Eisenhohofenschlacken, Oberharzer Schliegschlacken) zu. Da mit steigendem Schlackenzuschlage der Brennmaterialaufwand zu sehr zu- und die Production abnimmt, so ist empfohlen worden, z. B. bei Bleihüttenprocessen, den Schlackenzuschlag auf ein Minimum zu reduciren. Geht man zu weit, so nimmt bei vermindertem Ausbringen die Strengflüssigkeit zu, es bilden sich leicht Eisensauen u. dgl. m. Bei zu schlackenarmer Eisenerzbeschickung findet in Folge übermässiger Wärmeaufnahme eine Schmelzung vor vollendeter Reduction statt, in Folge dessen eisenoxydulreiche Schlacken entstehen.

γ) als Auflockerungsmittel, namentlich für Schliege, welche mehr Schlacken erfordern als Erzbruchstücke (frühere Tarnowitzer Schachtofenbleiarbeit); die Schlacken geben dann im geschmolzenen Zustande ein Medium ab, in welchem die zerstreuten Theilchen der ausgebrachten Metalle, Steine u. s. w. sich geschützt vereinigen können. Als Auflockerungsmittel.

δ) zur Nutzbarmachung darin enthaltener Metalle (Blei, Silber, Gold, Eisen u. s. w.), namentlich bei unreinen Schlacken, wenn der Metallgehalt nicht so bedeutend ist, dass sich ein eigenes Schlackenschmelzen (Verschmelzen alter Bleischlacken auf dem Oberharz, im Mansfeldschen, in Griechenland und auf Sardinien, Freiberger Schlackenroharbeit) oder eine mechanische Aufbereitung zur Abscheidung mechanisch darin eingeschlossener Metalle (Roheisen in Holzkohlenofen- und Cupoloofenschlacken, Zinn in Zinnerzschlacken) oder Metallverbindungen (Rohstein in Rohschlacken) durch Pochen, Walzen oder Mahlen [1]) lohnt. Zur Nutzung des Metallgehaltes.

Zuweilen dient der Eisengehalt der Schlacken als Präcipitationsmittel für Schwefelmetalle (Unterharzer Kupfererz- und Oberharzer Bleisteinschlacken beim Oberharzer Schliegschmelzen) und kann dann ein Kalkzuschlag besonders förderlich wirken, indem derselbe das Eisenoxydul bei höherer Temperatur aus seiner Silicatverbindung austreibt.

b) Zur Fabrikation von Bausteinen, welche sein können:

α) eigentliche Schlackensteine [2]), durch Pressen von flüssigen Schlacken in eiserne Formen zu erhalten, wozu sich aber nur sauere, Zur Schlackensteinfabrikation.

1) B. u. h. Ztg. 1872, S. 289. 2) Kerl, Met. 1, 844. Rittinger's Erfahr, 1855, S. 42. B. u. h. Ztg. 1857, S. 127; 1863, S. 388; 1866, S. 239; 1869, S. 155; 1870, S. 171; 1874, S. 363; 1878, S. 434. Preuss. Ztschr. 11, 192. v. Kerpely, Eisen auf d. Wien. Ausst. 1873, S. 122. Metallurgical Review, Vol. 1, No. 5.

teigartig knetbare und längere Zeit teigartig bleibende Schlacken eignen (S. 400), basischere wohl dann, wenn man sie in noch heissem Zustande vermauert, wo sie weniger leicht springen (Freiberg).

Wegen stärkerer Wärmeleitung eignen sich an Metalloxyden reiche Schlacken nicht zu Eiskellern. Durch Zusatz von Cokesasche, Sand, Cokes- oder Kohlenlösch zu den etwas abgekühlten oder noch zähflüssigen Schlacken sucht man die Ziegel für Bausteine und Strassenpflaster compacter und widerstandsfähiger zu machen.[1]) Um die spröden glasigen Bausteine in steinige feste überzuführen, werden sie wohl, mit Staubkohle bedeckt, in Oefen geglüht und langsam abgekühlt (getemperte Steine, künstlicher Porphyr). Woodward[2]) lässt Schlacke in auf einem rotirenden Rade befindliche Formen fliessen, deren Boden nach einiger Abkühlung mittelst Klinke gelöst wird, wobei die Steine herausfallen. Dieselben werden in einen mit Gichtgasen geheizten weissglühenden Ofen gebracht, 4 Stunden erhitzt, dann bei abgesperrtem Gase langsam erkalten gelassen, wo dann gute Pflastersteine erfolgen. Mit Färbungsmitteln versetzt und in erhitzte Thonformen gepresst geben Schlacken Bauornamente.[3])

Zu Kalkschlackenziegeln.

β) Kalkschlackenziegel[4]), hergestellt aus einem in Formen gepressten und getrockneten Gemenge von mit Säuren gelatinirenden Schlackengranalien und 8—10 Proc. gebranntem Kalk (Osnabrück u. s. w.).

Behuf der Zerkleinerung[5]) lässt man am einfachsten gegen die abfliessende Schlacke einen Wasserstrahl treten, wobei letzterer sich unter der ersteren befindet; auch leitet man die Schlacke in ein Schöpfrad, Bodmer auf ein Walzwerk, Wood auf eine rotirende Scheibe unter Wasserzufluss. Als Hebevorrichtungen für die granulirte Schlacke sind Schöpfräder dauerhafter als Paternosterwerke.

Als Wegebaumaterial.

c) Als Chausseebaumaterial[6]), indem die glasigen Schlacken in grösseren Massen (z. B. in Gruben unter einer Kohlenlöschdecke) langsam abgekühlt (getempert oder basaltirt) werden, wobei ihre Härte bedeutend zunimmt. Auch bringt man kalte Schlacken wohl über glühende Cinder.

Zu Schlackenwolle.

d) Zur Darstellung von Schlackenwolle[7]), anwendbar als schlechter Wärmeleiter (zur Gas-, Wasser-, Windrohr- und Dampfrohrumhüllung, zur Bedeckung von Kesseln, als Isolirschicht in Wänden und Fussböden, in feuerfesten Schränken, Eisbehältern, Eiskellern, Treibhäusern), zur Kolbenverpackung, als Filtrirmaterial, zu feuerfester Pappe, als Dochtmaterial, zum Putzen von Metallen u. A. Aus schwefelhaltiger Wolle kann sich unter Einwirkung von Feuchtigkeit und Kohlensäure der Luft schädlicher Schwefelwasserstoff[8]) entwickeln und man hat beobachtet, dass zur Umhüllung von Dampfröhren verwendete Schlackenwolle nach einiger Zeit zu Pulver zerfallen war.[9])

Die Darstellung[10]) der Schlackenwolle geschieht gewöhnlich in der Weise,

1) B. u. h. Ztg. 1863, S. 388; 1872, S. 334; 1873, S. 123; 1874, S. 263. 2) Dingl. 226, 39. 3) B. u. h. Ztg. 1856, S. 146. Berggeist 1856, S. 5. 4) B. u. h. Ztg. 1869, S. 155; 1872, S. 334; 1873, S. 339; 1874, S. 263, 363; 1875, S. 179; 1878, S. 432 (Wood's Maschine) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 18, 321; 1875, S. 185. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878, No. 1. Dingl. 230, 440, 475. Lürmann, Herstellung von Mauersteinen aus granulirter Holzofenschlacke u. s. w. Osnabrück, Kisling 1877. 5) Dingl. 208, 292; 214, 371 (Dingey's Mühle); Wood in Polyt. Centr. 1873, S. 766. Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 18, 321. B. u. h. Ztg. 1875, S. 27. Bodmer in B. u. h. Ztg. 1874, S. 261. Minary's Paternosterwerk in B. u. h. Ztg. 1866, S. 226; 1872, S. 334. 6) Kerl, Met. 1, 844. Preuss. Ztschr. 3, 163. B. u. h. Ztg. 1861, S. 357; 1862, S. 155; 1872, S. 333. 7) B. u. h. Ztg. 1872, S. 335; 1873, S. 371, 407; 1874, S. 261, 363; 1875, S. 179, 338; 1876, S. 207, 231; 1877, S. 188, 235, 274, 275. Zusammensetzung: B. u. h. Ztg. 1876, S. 76; 1878, S. 231. Wärmeleitungsfähigkeit im Vergleiche zu anderen Stoffen: B. u. h. Ztg. 1878, S. 248. 8) B. u. h. Ztg. 1877, S. 275. Dingl. 221, 284. 9) B. u. h. Ztg. 1877, S. 436. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1879, No. 5. 10) B. u. h. Ztg. 1875, S. 179. Dingl. 223, 70. Töpfer- u. Ziegler-Zeitung 1877, No. 42, S. 333 und B. u. h. Ztg. 1878, S. 412 (Absonderung der Schrotkörner von den Fasern).

dass man die Schlacke aus dem Eisenhohofenherde oder aus einer Lürmann'schen Form (S. 257) in einer Rinne auf der aus Sand und Kohlenasche hergestellten Schlackentrifft herableitet und sie durch einen kurzen Rinnenansatz an der die Schlackentrifft einschliessenden eisernen Rampe in einem etwa 1 cm starken Strahle ununterbrochen ausfliessen lässt. Unter dem Rinnenansatze befindet sich, etwa 105 mm tiefer, eine sichelförmige Dampfdüse (seltener eine Düse für heissen oder kalten Wind), von 2—3 mm Weite und in gerader Linie gemessen 50 mm Länge bei 30 mm innerem Krümmungshalbmesser. Der Dampfstrahl zerreisst die Schlacke in feine Fäden, die in einem dazu hergerichteten abgeschlossenen Raume aufgefangen werden. Die Athmungswerkzeuge der Arbeiter werden von der Wolle stark angegriffen, wenn nicht besondere Vorrichtungen zum Schutze derselben angewendet werden. Durch Richtung zweier divergirender Dampf- oder Luftstrahlen auf den Schlackenstrom erhält man nach Elbers kugelfreie Schlackenwolle. Neuerdings ist wiederholt die Erfahrung gemacht, dass manche Schlackenwolle nach längerem Gebrauche zu Pulver zerfällt und die Metallrohre wegen Schwefelcalciumgehaltes corrodirt. [1])

Zu verschiedenen Zwecken.

e) Zu Cementmörtel[2]), Beton und Unterlage für Strassenpflaster[3]), am besten im granulirten Zustande[4]), als Kies für Eisenbahnen und Wege, früher zu Geschossen oder Schlackenkugeln[5]), zu Bädern[6]), zur Gewinnung von Thonerdesalzen[7]), von Kieselsäure[8]) und Wasserglas[9]), zu Flaschenglas[10]) im granulirten oder calcinirten Zustande, zum Glasiren[11]) von Ziegelsteinen und Thonwaaren, zu Kitten und Dachziegeln[12]), zum Düngen[13]), zu Trottoirsteinen[14]) durch Mengen granulirter Schlacken mit Thon, Pressen der Masse und Brennen bis zur Verglasung, zu Wärme zusammenhaltenden Ueberzügen[15]) u. s. w. Die Wärme der Schlacken ist benutzt worden zum Erhitzen von Gebläseluft[16]) und zum Trocknen von Formen.[17])

9. Schlackenanalysen.

Citate.

Nachstehende Citate von Schlackenanalysen mögen als Ergänzung zu den in Kerl's Metallurgie Bd. 1, S. 845 und in dessen Grundriss der Metall- und Eisenhüttenkunde mitgetheilten Analysen dienen.

a) Bleischlacken. Spanien B. u. h. Ztg. 1863, S. 91. Pribram ebend. 1869, S. 426. Leoben. Jahrb. 22, 390; 23, 356. Oest. Ztschr. 1874, S. 319. B. u. h. Ztg. 1875, S 129. Laurion in B. u. h. Ztg. 1878, S. 38. Braubach in B. u. h. Ztg. 1878, S. 370. Fahlun ebend. 1870, S. 246. Müsen Preuss. Ztschr. 10, 195. Freiberg B. u. h. Ztg. 1865, S. 410; 1871, S. 426. Wyandotte B. u. h. Ztg. 1874, S. 458. Percy, Lead 1870, p. 314, 317. Bestimmung der Kieselsäure in Bleischlacken B. u. h. Ztg. 1867, S. 419.

b) Silberrohschlacken. Lend Oest. Ztschr. 1862, S. 299. Schlacken von der Lechentsilberung daselbst Oest. Ztschr. 1862, No. 40, 41.

c) Kupferschlacken. Erzschlacken: Fahlun B. u. h. Ztg. 1870, S. 246, Kafveltorp ebend. Oberharz ebend. 1864, S. 89. Stephanshütte in Ungarn ebend. 1865, S. 403. Phönixhütte ebend. 1865, S. 411; Analysirmethode ebend. 1865, S. 412. Mansfeld ebend. 1869, S. 441. Russland in B. u. h. Ztg. 1876, S. 416. — Steinschlacken: Mansfeld B. u. h. Ztg. 1869, S. 442. — Schwarzkupferschlacken: Stephanshütte B. u. h. Ztg. 1865, S. 412. Mansfeld ebend. 1869, S. 446.

---

1) B. u. h. Ztg. 1878, S. 436. 2) B. u. h. Ztg. 1872, S. 335, 364; 1874, S. 262, 347; 1878, S. 432. Dingl. 106, 321. 3) Kerl, Met. 1, 845. B. u. h. Ztg. 1869, S. 155; 1870, S. 171, 172. 4) B. u. h. Ztg. 1866, S. 226; 1870, S. 59. 5) Berggeist 1862, No. 93. B. u. h. Ztg. 1863, S. 122. 6) Oest. Ztschr. 1862, S. 159. B. u. h. Ztg. 1862, S. 159, 366; 1866, S. 311. 7) Dingl. 194, 251. 8) B. u. h. Ztg. 1870, S. 386. 9) B. u. h. Ztg. 1853, S. 538; 1870, S. 386; 1872, S. 335. 10) B. u. h. Ztg. 1872, 334; 1877, S. 206, 436; 1878, S. 434. 11) B. u. h. Ztg. 1860, S. 456; 1872, S. 334. 12) B. u. h. Ztg. 1846, S. 222. 13) Polyt. Centr. 1839, S. 1309. B. u. h. Ztg. 1872, S. 335. 14) Glaser, Annalen f. Gewerbe u. Bauwesen 1878. S. 509. 15) B. u. h. Ztg. 1879, S. 16. 16) B. u. h. Ztg. 1859, S. 464; 1868, S. 52. 17) B. u. h. Ztg. 1872, S. 334.

d) Nickelschlacken. Schweden B. u. h. Ztg. 1870, S. 244.

e) Zinnschlacken. Böhmen B. u. h. Ztg. 1864, S. 92.

f) Eisenfrischschlacken. Constitution der Frischschlacken Berggeist 1861, No. 56; Preuss. Ztschr. 11, 178. Phosphorgehalt B. u. h. Ztg. 1869, S. 426. Roh- und Gaarschlacke von Dobriv in Böhmen B. u. h. Ztg. 1869, S. 426. Olivinschlacke B. u. h. Ztg. 1861, S. 355. Schlacken aus verschiedenen Frischperioden, Hartmann's Fortschr. 6, 233. Rammelsberg's Met. S. 166.

Zerrennschlacken. Hartmann's Fortschr. 4, 122. B. u. h. Ztg. 1862, S. 320.

Puddelschlacken. B. u. h. Ztg. 1863, S. 438; 1864, S. 289; 1865, S. 419.

Schweissfeuer- und Schweissofenschlacken. B. u. h. Ztg. 1864, S. 289; 1865, S. 419; 1869, S. 426.

Feineisenfeuerschlacken. B. u. h. Ztg. 1864, S. 288.

Stahlpuddelschlacken. Percy, Met. 2, 798.

Bessemerstahlschlacken. B. u. h. Ztg. 1869, S. 425; 1871, S. 21; 1875, S. 440.

Cupoloofenschlacken. B. u. h. Ztg. 1862. S. 26. Dingl. 231, 38.

Eisenhohofenschlacken. Allgemeines: Zusammensetzung B. u. h. Ztg. 1862, S. 344. Rammelsberg's Metallurgie 1865, S. 115. Structur ebend. 1861, S. 471. Blaue Schlacken ebend. 1867, S. 88.

Analysen: Oesterreich (Böhmen, Ungarn, Mähren, Banat, Steyermark, Kärnthen, Tyrol): B. u. h. Ztg. 1862, S. 320; 1864, S. 322; 1865, S. 340, 420; 1869, S. 425, 426; 1871, S. 169; 1875, S. 398; 1877, S. 82. Schweden: B. u. h. Ztg. 1861, S. 130; 1864, S. 288; 1870, S. 245. England und Schottland: B. u. h. Ztg. 1862, S. 323; 1866, S. 239; 1867, S. 224; 1875, S. 440. Oberschlesien: B. u. h. Ztg. 1861, S. 357; 1871, S. 323 Harz: B. u. h. Ztg. 1864, S. 168. Preuss. Ztschr. 19, 74. Finnland: B. u. h. Ztg. 1878, S. 66.

Nachtrag.

Phosphormetalle, S. 21. Eine dem Bell'schen Verfahren (S. 21) ähnliche Methode zur Reinigung des Frischroheisens ist neuerdings Krupp [1]) patentirt, bestehend in einer Behandlung des aus dem Hoh- oder Cupoloofen abgestochenen Roheisens in einem rotirenden Tellerofen mit aus Eisenerzen geschlagenem Herde unter Zusatz von Eisenerzen, wobei das Roheisen ohne wesentlichen Kohlenstoffverlust den Phosphor an die eisenreiche Schlacke abgiebt und dann in noch flüssigem Zustande in irgend einen Frischofen (Puddelofen, Bessemerbirne u. s. w.) abgelassen wird, um in Frischeisen oder Stahl verwandelt zu werden. — Alle diese Methoden der Entphosphorung des Roheisens sind neuerdings überflügelt wegen grösserer Einfachheit und der günstigsten Wirkung durch das Verfahren von Thomas und Gilchrist [2]), welche das phosphorhaltige Roheisen direct in der Bessemerbirne behandeln, nachdem es ihnen gelungen ist, für dieselbe ein haltbares basisches Futter aufzufinden in Gestalt von Steinen, welche durch sehr heftiges Brennen von mit wenig Thon oder Wasserglas versetztem Dolomit hergestellt werden. Ein Zusatz von Kalk und Eisenoxyd zum Roheisen beim Bessemern begünstigt noch die Phosphorabscheidung.

1) Verhandl. d. Berliner Gewerbevereins 1879, Heft 4, S. 201. 2) B. u. h. Ztg. 1879, S. 130, 175. Oestr. Ztschr. 1879, No. 7.

Register.

C.

H.

I u. J.

K.

N.

O.

P.

T.





Z.



Leipzig,
Druck von A. Th. Engelhardt.











